Untersuchungen über die Natur der orthodontischen Zahnbewegungen, insbesondere bei der Oberkieferdehnung

---

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des zahnärztlichen Doktorgrades

der Hohen Medizinischen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

Vorgelegt

von

Preben Boesen

Zahnarzt aus Kopenhagen (Dänemark)

1939

Buchdruckerei J. F. Carthaus, Bonn

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Bonn

Referent: Prof. Dr. Korkhaus
Korreferent: Prof. Dr. Proell

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit!

Disposition.

A. **Einleitung** 5

B. **Hauptteil**

I. **Die orthodontische Zahnbewegung** 7

1. Die orthodontische Kippbewegung 7
2. Die körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung . 13
3. Die körperliche Bewegung bei starrer Verankerung . 21
4. Übersicht über die histologischen Veränderungen, die in nächster Nähe des Zahnes eintreten sollen . . . 27
5. Die Beeinflußbarkeit des Alveolarfortsatzes, Kieferkörpers und der weiteren Umgebung, insbesondere der Nase durch die orthodontische Zahnbewegung . . . 35

II. **Eigene Untersuchungen über die orthodontischen Zahnbewegungen** 44

Aufgabe und Material 44

1. Über die orthodontische Kippbewegung 45
2. Über die körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung (Lingualbogen und Außenbogen) 62
3. Über die Bewegung von Zähnen mit Hilfe von Regulierungsplatten 88
4. Über die körperliche Bewegung bei starrer Verankerung 102
5. Vergleich der verschiedenen Dehnungsmethoden untereinander 102

III. **Praktische Schlußfolgerungen** 106

C. **Schluß** 109

A. Einleitung.

Überblickt man die orthodontische Therapie der letzten Jahre, so lassen sich zwei große Hauptrichtungen erkennen. Einmal die moderne Schule der körperlichen Bewegung, die in erster Linie von der Neo-Angle-Schule vertreten wird, zum anderen die moderne biologische Richtung, deren Anhänger sich um Mershon und Lourie gruppieren.

Die vorwiegend mechanische Einstellung des Neo-Anglismus ist bestrebt Apparaturen zu konstruieren, die den ganzen zu bewegenden Zahn zwangsläufig in die gewünschte neue Stellung führen, was mit dessen Prinzip der „körperlichen Kontrolle" erreicht wird.

Im Gegensatz hierzu steht die biologisch orientierte Richtung, die dem zu bewegenden Zahn seine freie Eigenbeweglichkeit beläßt und die Einwirkung der Funktion als wertvolle Mithilfe betrachtet.

Der heftig aufflammende Streit dieser beiden Richtungen über die zweckmäßigste Art der orthodontischen Zahnbewegung ist noch nicht zu einer endgültigen Entscheidung gekommen, er ist jedoch in den letzten Jahren stark abgeklungen. Vielleicht dürfte diese Tatsache nicht zuletzt darauf zurückzuführen sein, daß die moderne biologische Behandlungsmethode gegenüber der anderen Behandlungsrichtung an Boden gewonnen zu haben scheint.

In den letzten Jahren haben ferner die schon früher verwandten abnehmbaren orthodontischen Apparate eine zunehmende Verbreitung gefunden. Die Anhänger des Prinzips abnehmbarer Apparaturen halten Regulierungsplatten in ihren verschiedensten Modifikationen für die zweckmäßigsten Behelfsmittel zur Durchführung der orthodontischen Zahnbewegungen.

Als eine besondere Art von Regulierungsplatten, die gerade in der jüngsten Zeit lebhaft propagiert werden, sind die so-

genannten „Aktivatoren" anzusehen, die die funktionellen Muskelkräfte bei Erzielung einer Zahnbewegung auszunützen versuchen sollen.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in zwei große Teile, von denen der erste theoretische Betrachtungen über die orthodontischen Zahnbewegungen enthält. Der zweite Teil bringt die Ergebnisse praktischer Behandlungen, durchgeführt in der Kieferorthopädischen Abteilung der Universitäts-Zahn-, Mund- und Kieferklinik Bonn.

B. Hauptteil.

I. Die orthodontische Zahnbewegung.

1. Die orthodontische Kippbewegung.

Unter einer Kippbewegung versteht man die Bewegung der Längsachse eines Zahnes um eine mesio-distal orientierte Drehachse, die innerhalb der Längsachse des Zahnes liegt. Das heißt: eine Kippung tritt dann ein, wenn ein Zahn durch eine Kraft, die mehr oder weniger senkrecht zur Längsachse wirkt, außerhalb seines Massenmittelpunkts beeinflußt wird.

Mit Recht hat B e r t r a m in einer unveröffentlichten Arbeit darauf aufmerksam gemacht, daß für den Fall, daß der Drehpunkt auf der Verlängerung der Längsachse liegt, keine reine Kippung vorliegt, sondern auch eine „körperliche" Bewegung.

Eine r e i n e Kippbewegung setzt demnach voraus, daß der Drehpunkt der Bewegung auf der Längsachse selbst liegt. Theoretisch betrachtet hätte eine Kippbewegung in reinster Form noch zur Bedingung, daß der Drehpunkt während der Bewegung im Kiefer absolut fix bleibt.

Auch die apikale Protrusionsbewegung ist als eine Kippbewegung anzusehen. Doch ist zur Durchführung dieser Bewegung eine Apparatur notwendig, die den Zahn an zwei voneinander entfernt liegenden Punkten faßt. Es handelt sich also hier um eine „körperliche" Verankerung des Zahnes, weshalb diese Bewegung nicht an dieser Stelle, sondern in dem späteren Abschnitt — (3. Die körperliche Bewegung bei starrer Verankerung) — dieser Arbeit behandelt werden soll.

Diese Überlegungen führten zu dem Versuch, den Drehpunkt einer Kippbewegung genau festzulegen.

C a s e, der erste, der sich mit diesem Problem näher befaßt hat, ging von einer rein mechanischen Vorstellung aus, indem er die Bewegung eines zu kippenden Zahnes mit der eines Pflocks

verglich, der in einen lockeren, gleichmäßig dichten Lehmboden eingetrieben ist, und den man an der Spitze hin- und herbewegt.

Dieser Versuch ergibt nun, daß der in der Erde steckende Pflockteil um einen unter seiner Mitte gelegenen Drehpunkt kippt, und durch seine Bewegung im Boden die Figur einer Sanduhr hervorruft. Case überträgt dieses Ergebnis seines Versuches auf die Kippung eines Zahnes und nimmt demnach den Drehpunkt am Übergang vom mittleren zum apikalen Wurzeldrittel an.

Sandstedt kommt zu ähnlichen Ergebnissen auf Grund seiner Experimente an Hunden, die Klarheit über die histologischen Vorgänge in der knöchernen Umgebung orthodontisch bewegter Zähne bringen sollten. Die histologischen Befunde zeigten, daß die Kippachse der bewegten Zähne in der Wurzelmitte oder um ein Geringes apikal von der Wurzelmitte lag, niemals aber am Apex selbst.

Angle bestritt heftig die Ansichten von Case, da die Anordnung dieses Versuches zu den natürlichen Verhältnissen im Kiefer in einem krassen Widerspruch stehe. Seiner Meinung nach liegt der Drehpunkt am Apex, ohne daß er jedoch den Beweis dafür erbringt.

Oppenheim, ein Schüler Angles, glaubte die Ansichten seines Lehrers auf Grund seiner histologischen Untersuchungen bestätigen zu können. Angle sah in den Befunden Oppenheims den Beweis für seine Ansichten und nahm sie in sein Lehrbuch „Okklusionsanomalien der Zähne" (2. deutsche Ausgabe, 1913) auf, wodurch sie allgemeine Verbreitung fanden.

Oppenheim hat in seiner neuesten Arbeit „Biologisch-orthodontische Therapie und Wirklichkeit" seine Stellung zu dieser Frage geändert. Nach seiner Ansicht liegt die Kippachse bei Anwendung schwacher Kräfte am Apex, „wenn die Bewegung so langsam erfolgt, daß der Abbau der Alveole gleichen Schritt hält mit dieser Bewegung, — es also nicht zur Ausbildung eines Hypomochlions kommen kann". —

Sein Meinungsumschwung geht nun dahin, daß ein Ausschlag der Wurzelspitze jedoch stets nachzuweisen ist, sobald die Dauer der Beeinflussung eines Zahnes länger als 8 bis 10 Wochen ist, wodurch es zur Ausbildung eines Hypomochlions kommen soll. Oppenheim schreibt: „Bei Verwendung kontinuierlich wirkender Kraft erfolgt stets und rasch ein deutlich sichtbarer Aus-

schlag der Wurzelspitze." Er glaubt also jetzt — wenigstens für eine bestimmte Kraftart — annehmen zu können, daß der Drehpunkt zwischen Apex und Wurzelmitte liege, und stellt ihn u. a. in ein Abhängigkeitsverhältnis zur Größe, Art und Dauer der angewandten Kraft. Im Endergebnis nähert er sich also der Ansicht Sandstedts.

Salamon betrachtet in seiner Abhandlung „Über die Lehre von den elementaren orthodontischen Bewegungen" den Zahn als zweiarmigen Hebel, im Sinne des Pflockversuches von Case. Der Drehpunkt der Kippung wird nach Salamon beeinflußt von der Dicke der Alveolarwand, d. h. von dem dadurch gegebenen mehr oder weniger großen Widerstand. Trotzdem ist auf den Zeichnungen der oben erwähnten Arbeit Salamons der Drehpunkt jeweils in den Apex verlegt, was ein Widerspruch in sich selbst ist.

Eine von den bis jetzt erwähnten vollständig abweichende Ansicht findet man in der Arbeit „Alveolarpyorrhoe" von Kranz und Falk. Sie stellen sich den Zahn gewissermaßen am Alveolarrand „eingespannt" vor. Durch diese „Einspannung" werde ein am Alveolarrand gelegenes Hypomochlion gebildet. Bei kippenden Bewegungen des Zahnes liegt hiernach die Drehachse in Höhe des marginalen Alveolenrandes, die Wurzelspitze mache also den größten Ausschlag.

Dieser Ansicht von Kranz und Falk haben sich Häupl und Lang in ihrem Buch über die „Paradentale Gewebspathologie" angeschlossen.

In diese den Praktiker verwirrenden und stark verschiedenen Auffassungen suchte A. M. Schwarz Klarheit hineinzutragen. Auf Grund seiner eingehenden Beschäftigung mit der darüber vorliegenden Literatur konnte er jedoch die Frage nicht endgültig klären. Schwarz sah sich daher gezwungen, an das Problem a priori heranzutreten.

Er stellte zunächst rein theoretische Überlegungen an, die sich auf physikalisch-mechanischem Gebiete bewegen. An Hand eines Phantoms, das den Zahn in seiner Alveole darstellt, führte er eine Reihe von Versuchen durch. Es ergab sich, daß die Drehachse etwa im Übergang vom mittleren zum apikalen Wurzeldrittel liegt, vorausgesetzt, daß der Widerstand überall gleich ist und es nicht zur Bildung eines Hypomochlions kommt.

Einen weiteren Beitrag zur Klärung der Frage brachte die mathematische Durchrechnung der Versuchsergebnisse. Für die Lage des Drehpunktes wurde eine Formel gefunden, die aussagt, daß einmal der Drehpunkt beim marginalen Angriff der Kraft genau ein Drittel der Wurzellänge vom Apex entfernt liegt, und daß bei koronalwärts im Unendlichen gedachten Angriffspunkt der Drehpunkt in der Mitte der Wurzel liegt. Diese Resultate decken sich durchaus mit den Ergebnissen der Phantomversuche.

Schwarz betrachtet die Ergebnisse jedoch nicht so sehr als Hauptbeweismittel, sondern mehr als Nebenbeweise, da sich ja die Phantomverhältnisse nicht im vollen Maße auf die natürlichen Verhältnisse übertragen lassen. Der Grund ist hierin zu finden, daß der Widerstand des bewegten Zahnes in seiner Art von dem des Phantomzahnes abweicht, weil bei natürlichen Zähnen die Periodontalfasern ungleichmäßig verteilt sind und sich am Apex stark häufen. Es entsteht dort durch diese Anordnung gewissermaßen eine Bremswirkung.

Ein zweiter Grund ist der, daß die Alveole in ihrem Knochenbau gegenüber dem Phantom nicht immer gleichmäßig „gefügt" ist, sondern die Knochenstruktur der Alveolenwand häufig erhebliche Differenzen in Bezug auf ihre Dichte aufweist. Es besteht nach Schwarz durchaus die Möglichkeit, daß die Markräume im apikalen Teil der Alveole weit zahlreicher und ausgeprägter sind als im marginalen Teil, wo die Struktur öfters kompakter ist.

Diese beiden Erwägungen beeinflussen den Drehpunkt eines zu kippenden Zahnes in der Weise, daß bei stark ausgebildetem apikalen Fasernapparat, d. h. bei allen Zähnen mit vollendetem Wurzelwachstum er relativ nahe am Apex liegt (A. M. Schwarz). Die „apikale Bremswirkung" fällt weg, wenn die Wurzel noch nicht voll entwickelt ist, wenn ein apikales Granulom vorhanden ist, oder wenn der Zahn mit seinem Apex mehr oder weniger in einen physiologisch präformierten Hohlraum hineinragt. In diesen Fällen liegt genau wie bei der oben erwähnten ausgeprägten Markraumbildung im apikalen Teil der Alveole der Drehpunkt näher der Mitte der Wurzel.

Einen weiteren Gesichtspunkt für die Beeinflussung der Kippachse hat Schwarz einer Arbeit von Gottlieb „Die diffuse Atrophie des Alveolarknochens" entnommen. Schwarz zieht hieraus in Bezug auf die Kippachse den Schluß, daß — ent-

sprechend der nach Gottlieb funktionell umgebauten Alveole (koronal und apikal weit, in der Mitte eng) — der Drehpunkt in der Nähe der Wurzelmitte bzw. in ihr selbst liegt.

Wie weit der Angriffspunkt der Kraft von wesentlicher Bedeutung ist, ergibt sich aus den Experimenten, daß die Veränderung des Drehpunktes bei verschiedenem Angriffspunkt nicht von größerem Belang ist. Allerdings lehrt die praktische Erfahrung, wie Schwarz auch betont, daß eine Kippung eher eintritt, je näher inzisalwärts bzw. okklusalwärts der Kraftangriffspunkt liegt.

Schwarz begründet dieses mit der schwierigen Dosierbarkeit einer kleinen Kraft, die bei einem inzisal liegenden Angriffspunkt entsprechend kleiner gehalten werden müßte, da der Hebelarm in diesem Falle länger wird. Im Gleichgewichtssystem von Kraft- und Lastarm steigert sich demnach die biologische Auswirkung in dem umgebenden Gewebe, was sich durch eine offensichtliche Kippung zeigt. Der Drehpunkt liegt also bei Einwirkung derselben Kraft am inzisalen Teil des Zahnes weiter vom Apex, als wenn dieselbe Kraft marginal angreift.

In einem engen Zusammenhang damit steht auch die Größe der angewandten Kraft, die auf Grund der soeben angestellten Überlegungen dieselben Ergebnisse zeitigt, d. h. bei sehr großen Kräften wandert die Kippachse gegen die Mitte der Wurzel, weil der periapikale Bremsapparat nicht mehr die Wurzelspitze zu halten vermag. Bei Verwendung zarter Kräfte dagegen liegt der Drehpunkt insofern mehr gegen den Apex zu, als der apikale Faserapparat die Wurzelspitze gewissermaßen „festhält" (A. M. Schwarz).

In seinen Untersuchungen beleuchtet Schwarz auch die Ansichten anderer Autoren kritisch und stellt fest, durch welche gedanklichen Fehler diese voneinander abweichenden Ergebnisse zustande kommen konnten.

Schwarz lehnt die Meinungen von Salamon, Falk und Kranz und auch die von Oppenheim ab, solange dieser damit nur einen Beweis für die Annahme seines Lehrers Angle zu führen suchte.

Dagegen decken sich die Ansichten von Schwarz im großen und ganzen mit denen von Case und Sandstedt.

Allerdings bringt Schwarz die Lage des Kippunktes in Abhängigkeit von bereits näher besprochenen Faktoren. Als Ge-

samtergebnis seiner Untersuchungen jedoch macht er für die Lage des Drehpunktes im allgemeinen folgende Feststellung:

Die Lage des Drehpunktes ist abhängig von dem Gesamtwiderstand sämtlicher Periodontalfasern. Das ist so zu verstehen, daß der Drehpunkt auf der Resultierenden sämtlicher Einzelwiderstände der einzelnen Periodontalfasern liegt. Für diese Annahme ist die Voraussetzung notwendig, daß kein Hypomochlion vorhanden ist, da in diesem Falle die Hebelgesetze Gültigkeit hätten. Nach Schwarz entsteht ein Hypomochlion, wenn eine über das biologische Optimum hinausreichende Kraft angewandt wird, wodurch sich eine Sachlage ergibt, die in einem späteren Teil dieser Arbeit noch zu erörtern ist.

Die gleiche Vorstellung von der Lage des Drehpunktes bei der orthodontischen Kippbewegung wie die von Schwarz vertritt auch die „Bonner Schule". Zur Therapie vieler orthodontischer Krankheitsbilder ist die reine Kippbewegung sehr häufig angezeigt.

In den Indikationsbereich fallen solche orthodontischen Maßnahmen, bei denen die Kippung gewissermaßen die erste Stufe der Behandlung darstellt. Das ist z. B. der Fall beim Aufrichten von Zähnen, die in Extraktionslücken gekippt sind, um die weitere Bewegung dieser Zähne unter günstigsten Verhältnissen durchführen zu können. Als anderes Beispiel sei das Aufrichten der Frontzähne in Fällen von Deckbiß und Progenie genannt.

Indiziert ist die Kippbewegung natürlich ebenfalls und gewissermaßen als Behandlung an sich zu betrachten, wenn die Abweichung auf einer gekippten Stellung der Zähne beruht. Hierfür seien die vorwiegend apikale bzw. koronale Kompression und die vorwiegend apikale bzw. koronale Protrusion und Retrusion als Beispiele angeführt.

In diesem Zusammenhang soll auch noch kurz auf die Art der Apparaturen, die zur Durchführung einer Kippbewegung geeignet erscheinen, eingegangen werden. Während Angle in seinen letzten Jahren und die Anhänger der neuen Angle-Schule auch zur Durchführung kippender Zahnbewegungen das Prinzip der starr fassenden, körperlichen Verankerung weitmöglichst anzuwenden suchen, stellt die Bonner Schule mehr das Behandlungsziel in den Vordergrund und verwendet die für den einzelnen Fall zweckmäßigste Apparatur.

Im großen und ganzen kann man je nach Wirkungsweise zwei Systeme unterscheiden:

1. Die körperlich wirkenden Apparaturen geben dem Therapeuten durch die Art der Verankerung und der Aktivierung die Möglichkeit, den Drehpunkt der Kippung weitgehend zu beeinflussen. Dies ist z. B. der Fall bei den modernen Angle schen Apparaturen, wie dem „Stift-Röhrchenapparat" und den beiden Formen der Bandbögen. Bei letzteren werden die aktiven Kräfte durch Ausbiegen der Bögen bzw. durch Torsion derselben ausgelöst.

Korkhaus hat ebenfalls eine Apparatur dieser Art angegeben, die durch ihre Konstruktion eine biologisch besonders günstige Dosierung der Kraft ermöglicht. Der Zahn wird hierbei um ein fest gelegtes Hypomochlion gekippt, wobei durch eine besondere Art der Verlängerung des Frontzahnbandes der Kraftangriffspunkt möglichst weit vom Hypomochlion in die Umschlagsfalte verlegt wird. Diese Anordnung gestattet die Anwendung langer und besonders fein dimensionierter Federchen als Kraftquelle.

2. In der anderen Gruppe von Apparaturen greift die ausübende Kraft lediglich in einem einzigen Punkt des Zahnes an, wobei die bereits besprochenen Betrachtungen zur Durchführung der Kippbewegung zu berücksichtigen sind. Als Beispiele derartig wirkender Apparaturen seien angeführt: der Lingualapparat mit Hilfsfederchen nach Mershon, der Hochlabialbogen mit Schlinge nach Lourie, die Schlinge von der Platte und der Außenbogen mit Ligaturen.

Die Kippbewegung ist auch dadurch von besonderem Interesse, weil sie die erste Stufe der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung bildet.

2. Körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung.

Unter „körperlicher Bewegung" eines Zahnes versteht man eine Bewegung des Zahnes, ohne daß sich bei Abschluß der Bewegung eine Richtungsänderung der Längsachse ergibt — mit anderen Worten eine Parallelverschiebung des Zahnes.

Der Begriff „Einpunktsverankerung" besagt, daß der zu bewegende Zahn von der auswirkenden Kraft nur in einem einzigen Punkt getroffen wird.

Der allgemeine Vorgang der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung zerfällt in zwei Phasen: primär tritt eine für das Auge kaum wahrnehmbare Kippung in der Bewegungsrichtung ein. Sekundär richtet sich der Zahn unter Einfluß von näher zu erörternden Faktoren in seiner neuen Stellung wieder auf.

Diese beiden Vorgänge stellen im Endergebnis eine körperliche Bewegung des Zahnes dar.

Mershon, de Nevrézé, Korkhaus u. a., die Befürworter der körperlichen Bewegung in dieser Form, geben eine anschauliche und klare Darstellung dieses Vorganges: Sie teilen die körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung in eine Phase der Kippung und eine der Aufrichtung ein.

Für die Kippung sind dieselben Gesichtspunkte maßgebend wie bei der reinen Kippbewegung. Die Kippung des Zahnes ist also im allgemeinen abhängig von den lokalen dentalen und peridentalen Verhältnissen, d. h. von Länge, Form und Bau des Zahnes und seiner Alveole, sowie von dem jeweiligen Zustande des Aufhängeapparates.

Ein besonderer Faktor stellt die Art der Kraftübertragung dar. Die Fingerfederchen sind als die reinste Form der Einpunktsverankerung anzusprechen, da sie infolge ihrer Konstruktion tatsächlich den Zahn nur tangential — also punktförmig — angreifen. „Ein besonderes Übertragungs- oder Befestigungsmittel erübrigt sich, da der Lingualbogen bzw. seine Federchen mit leichtem Druck den Zähnen am Zahnhals anliegen" (Korkhaus).

Die Verwendung von Ligaturen ist ebenfalls als eine Einpunktsverankerung anzusehen. Allerdings ist hierbei die freie Eigenbeweglichkeit des Zahnes nicht mehr in so vollem Ausmaße vorhanden wie bei den Fingerfederchen. Die Hauptursache liegt wohl darin, daß der Zahn vermittels der Ligatur mit dem Hauptbogen fester verbunden ist, als dies bei dem tangentialen Anliegen der freibeweglichen Federchen der Fall ist.

Analog den Erwägungen im ersten Teil dieser Arbeit ist der Angriffspunkt der Kraft natürlich möglichst marginal zu wählen, ebenso „die Kraftdosierung möglichst zu verfeinern und nur solch

geringe Drucke auszulösen, die vom Gewebe als Wachstumsanreiz aufgenommen werden" (Korkhaus).

Bestimmend für die Dosierung der Kraft ist der „Reaktionsgrad" des Patienten, d. h. die Zeitspanne, die für einen biologisch günstigen Umbau des Gewebes bei einer bestimmten Größe der Bewegung nötig ist. Auf diesen von Korkhaus eingeführten Begriff des „Reaktionsgrades" soll bei der Phase der Aufrichtung des Zahnes noch näher eingegangen werden.

A. M. Schwarz hat sich damit befaßt, für die durchschnittlich anwendbare Größe der Kraft bestimmte Anhaltspunkte zu geben, die natürlich keine absoluten Maße darstellen. Ausgehend von den Gottlieb'schen Befunden kommt Schwarz zu seiner Einteilung der vier „biologischen Wirkungsgrade". Er bezeichnet den zweiten „biologischen Wirkungsgrad" als den optimalen für die Durchführung der orthodontischen Zahnbewegungen.

Während die Schwarz'schen histologischen Untersuchungen an Hundezähnen mehr darauf hinzielen, die absolute anwendbare Größe der Kraft festzustellen, haben Nowack und vor kurzem Seimetz in mehreren Tabellen die tatsächlichen Kräfte der gebräuchlichen Fingerfederchen angegeben. Sie kommen dabei zu dem Schluß, daß bei Verwendung von Fingerfederchen aus Edelmetall in der meist verwandten Stärke von 0,5 mm, bei einer Länge von 20—30 mm und einer Aktivierung von 1 mm sich Kräfte ergeben, die höchstens 20 g betragen. Diese Kräfte sind durchaus in den zweiten „biologischen Wirkungsgrad" von Schwarz einzureihen, da sie unter dem kapillaren Blutdruck liegen.

Die Kraft ist aber nicht allein zur Vermeidung von Gewebsschäden so klein zu halten, sondern auch, weil „eine unerwünschte Kippung der Zähne immer an einem zu schnellen Behandlungstempo und an einem zu großen Maß der angewandten Kräfte liegt" (Korkhaus).

Hat der körperlich zu bewegende Zahn durch eine zu starke primäre Kippbewegung eine zu starke Achsenneigung erfahren, so ist seine Aufrichtung in der zweiten Phase unmöglich oder zumindest sehr erschwert.

Die Aufrichtung des Zahnes aus einer in geringem Grade gekippten Stellung bildet die zweite Phase der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung. Voraussetzung für die Auf-

richtung des Zahnes ist also eine ganz geringe Kippung und die Aufrechterhaltung seiner freien Eigenbeweglichkeit. Denn gerade dieses Moment ist für das ganze Prinzip bei der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung von ausschlaggebender Bedeutung. „Nicht eingezwungen in eine starre Verbindung mit dem Bogen sollen die Zähne sein; sie sollen während der Bewegung frei allen Einflüssen der Funktion, der Artikulation, der Zungen- und Wangenbewegungen beim Kauakt und bei der Sprache ausgesetzt sein" (K o r k h a u s).

Daß derartige funktionelle Kräfte für das Aufrichten von Zähnen, die in eine neue Stellung gekippt worden sind, eine große Rolle spielen, hat schon A n g l e in seinem Lehrbuch mehrmals beschrieben.

„Nachdem die Bögen allmählich erweitert waren, ergaben sich infolge der starken Neigung aller Zähne nach außen und insbesondere der oberen Schneidezähne ernste Bedenken, ob es möglich sein werde, sie unter so abnormen Winkeln dauernd in der neuen Stellung zu erhalten. Der Autor fürchtete, daß das Gewicht und der Druck der Lippen sowie die Kraft der Okklusion immer trachten werden, die unter solchen Winkeln stehenden Zähne zu verschieben. Er war sich noch nicht der Tatsache bewußt, daß diese Kraft in segensreicher Weise auf das Wachstum der Gewebe wirken und so die Kiefer und den Alveolarfortsatz zu voller Entwicklung bringen würde, ebenso daß schließlich die Natur den so konvergent stehenden Wurzeln zu ihrer normalen, aufrechten Stellung verhelfen würde. Selbst nach einigen Monaten der Retention erschien es noch immer fraglich, ob es nicht ein Fehler gewesen sei, alle Zähne zu erhalten und ob es nicht noch ratsam wäre, den Umfang der Bögen durch Extraktion zu reduzieren; da jedoch die Zähne nicht vorstehend waren, als daß sie die Symmetrie des Gesichtes gestört hätten, wurde die Retention belassen und eines Tages eine sehr vorteilhafte Veränderung konstatiert; die Kiefer und der Alveolarfortsatz hatten sich rasch und normal entwickelt und die Zähne normale Neigungswinkel eingenommen" (Angle: Okklusionsanomalien der Zähne, 2. deutsche Ausgabe 1913, S. 466).

Die heutigen Erkenntnisse über die Aufrichtung aktiv gekippter Zähne geben eine Reihe natürlicher Vorgänge für die Aufrichtung an. Als wirksamster Faktor ist die Kaufunktion zu betrachten, wodurch die Artikulationskräfte zur Auswirkung kommen. Diese geben, wie K o r k h a u s schreibt, „den Zähnen im gegenseitigen Zusammentreffen der schrägen Okklusionsflächen die funktionell beste Neigung zur Kauebene". Daraus geht hervor, daß die Art der Okklusionsflächen wesentlich ist, denn Zähne mit großen Kauflächen werden eher eine aufrichtende Bewegung

durchmachen als z. B. Schneide- und Eckzähne. Bei körperlicher Bewegung der letzteren mit Einpunktsverankerung sind also besonders fein bemessene Kräfte anzuwenden.

Von Bedeutung ist auch die Verzahnung, d. h. das Ineinandergreifen der Höcker in die Fissuren. Bei flacher Höcker- und Fissurenbildung geht die Aufrichtung leichter vonstatten als bei einer scharfen Verzahnung, wo die Gefahr bestehen kann, daß der etwa herausbewegte Zahn während der Funktion wieder in seine alte Stellung zurückgezwungen wird, so daß eine Bißsperrung notwendig ist.

Andererseits kann sich eine scharfe Verzahnung in günstigem Sinne auswirken. Dies ist z. B. der Fall bei einem Kreuzbiß, der durch einseitige Kompression bedingt ist. Ist diese soweit ausgeglichen, daß ein Höcker-Höckerbiß in bucco-oraler Richtung erreicht ist, dann wird eine scharfe Verzahnung den übrigen Teil der Bewegung zur normalen transversalen Okklusion und die Aufrichtung der Zähne unterstützen.

Ungünstige Verhältnisse für die Aufrichtung gekippter Zähne liegen auch bei den orthodontischen Krankheitsbildern mit vertikalen Abweichungen vor, z. B. bei offenem Biß und Deckbiß, da die Funktion bei diesen Anomalien besonders eingeschränkt ist. Es ist klar, daß in Fällen von sog. „Hackbiß", der bei „Temporaliskauern" vorliegt, die günstigen Einflüsse der Artikulationskräfte nur in stark vermindertem Maße auftreten können.

Durch Verordnung harter Speisen liegt es in der Hand des Therapeuten, die Kaufunktion in günstigem Sinne anzuregen. Dies wirkt sich um so günstiger aus, als die Zähne nicht allein betroffen werden, sondern auch die besonders beim Kauakt tätigen direkt einwirkenden Kräfte von Wangen-, Zungen- und Lippenmuskulatur gefördert werden. Diese direkten Kräfte der die Zähne umgebenden Weichteilmuskulatur treten auch beim Sprechen in Erscheinung.

Im Gegensatz zur früheren Anschauung, daß die Fingerfederchen eine rein kontinuierliche Kraftwirkung haben, weiß man heute, daß es sich um eine feinelastische-intermittierende Auswirkung handelt. Infolge ihrer feinen Dimension wirken die Federchen sehr zart, und ihre Kräfte klingen langsam ab. Im Gegensatz zu den früher angewandten wirken sich diese intermittierenden Kräfte also in großen Intervallen aus, so daß einmal für die

Kippung des Zahnes sowie auch für das später zu erfolgende Aufrichten eine genügend große Zeitspanne zur Verfügung steht.

Trotzdem soll in dem folgenden von einer kontinuierlichen Kraftanwendung bei der Federwirkung gesprochen werden, um die lange zeitliche Dauer der Auswirkung und den Gegensatz zu der grob intermittierenden Wirkung anderer Behandlungsmittel — z. B. der Dehnungsplatte — hervorzuheben.

Maßgebend für die erfolgreiche Durchführung der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung in deren zwei Phasen ist der „Reaktionsgrad" des Patienten.

Schon Case hat darauf aufmerksam gemacht, daß eine Berücksichtigung der individuell und nach Alter stark variierenden Gewebsreaktion Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung der orthodontischen Bewegung ist.

Auch Korkhaus betont dieses in seinem Lehrbuch und schreibt, daß der Reaktionsgrad des Knochens „die große Unbekannte ist und bleibt, mit der sich der Orthodontist bei jedem Fall auseinandersetzen muß". Korkhaus hat den Begriff des Reaktionsgrades so festgelegt, daß er in der Praxis beim Aufstellen eines Behandlungsplanes anwendbar ist.

Zu welchen Mißerfolgen die rein schematische und verständnislose Aktivierung der Federchen ohne Beachtung des Reaktionsgrades führen kann, zeigt eine Arbeit Rehaks. Rehak, der außerdem viel zu große Kräfte verwandte, hat die dadurch entstandene Kippung als besonders ungünstige Wirkung des Lingualapparates angesehen, nicht aber als Indikator zur Herabminderung der Kräfte.

Die Wichtigkeit dieses Anzeichens zu großer Kräfte hat Korkhaus immer wieder betont. In diesem Zusammenhange hebt er die auch in dieser Hinsicht günstige Kraftübertragung des Lingualapparates hervor, der den Praktiker falsch bemessene Kräfte frühzeitig erkennen läßt.

Das Prinzip der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung ist in biologischer Hinsicht als durchaus günstig anzusprechen. Ein absolut eindeutiger Beweis hierfür sind die Untersuchungsergebnisse Ketchams, wonach der Lingualbogen und der Außenbogen mit Ligaturen im Vergleich zu den körperlich fassenden Apparaturen eine weit geringere Anzahl von röntgenologisch feststellbaren Resorptionen verursacht haben. Die

verschwindend kleine Anzahl von Resorptionserscheinungen beim Lingual- und Hochlabialapparat spricht dafür, daß diese Apparatur für die Durchführung der körperlichen Bewegung als die biologisch günstigste anzusehen ist.

Oppenheim sucht diese für den Lingualbogen günstigen Befunde Ketchams abzuschwächen. Er bewertet dessen Ergebnisse nicht hoch, da er auf dem Standpunkt steht, daß röntgenologische Untersuchungen allein keine ausreichende Unterlage für eine Beurteilung ergeben. Er glaubt vielmehr an Hand histologischer Untersuchungen von einer trichterförmigen Erweiterung der Alveole sprechen zu können. Diese ist nach seiner Ansicht durch die Art der Kraftübertragung hervorgerufen, die ein sogenanntes „Jiggling" des Zahnes verursache. Daß diese Anschauungen Oppenheims auf falschen Voraussetzungen beruhen und den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen, zeigen Arbeiten und praktische Erfolge von Salamon, A. M. Schwarz und Korkhaus.

Die „moderne biologische Behandlungsmethode", d. h. die körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung, ist bei sachgemäßer Anwendung bei einer großen Reihe von orthodontischen Krankheitsbildern die Methode der Wahl. Die „Bonner Schule" insbesondere hat dieses Prinzip übernommen und den Indikationsbereich weitgehend ausgedehnt und verwendet es grundsätzlich — von bestimmten noch zu erörternden Einzelfällen abgesehen — zur Durchführung der körperlichen Bewegung.

Als Beispiele seien hier angeführt: die Dehnung der Kiefer, die alveoläre Protrusion der Frontzähne oder Seitenzähne, die Lateralverschiebung von Front- und Seitenzähnen (Aufmachen von Lücken). Ein weiterer Vorteil des Lingualapparates liegt in der Möglichkeit, durchbrechende Zähne frühzeitig im gewünschten Sinne beeinflussen zu können. Allerdings treten zuweilen ungünstige Verhältnisse auf, die die Verwendung anderer Apparaturen angezeigt sein lassen. Das ist z. B. dann der Fall, wenn die apikale Basis besonders nachzuentwickeln ist, einmal in transversaler Richtung — eine Indikation für die Platte — oder in sagittaler Richtung, wozu der Bandbogen mit körperlicher Kontrolle das zweckmäßigere Behandlungsmittel darstellt.

Die Apparaturen, die nach dem Prinzip der körperlichen Be-

wegung bei Einpunktsverankerung wirksam sind, sind im wesentlichen folgende:

Der klassische Außenbogen mit Ligaturen von Angle hat im Laufe der Zeit Verbesserungen hinsichtlich seiner Dimension und seines Materials erfahren. Sein Anwendungsbereich ist aber insofern eingeengt, als er für Lateralverschiebungen von Front- und Seitenzähnen nicht besonders geeignet sein dürfte.

Der von Mershon etwa 15 Jahre später angegebene Lingualapparat mit Hilfsfederchen ist die Apparatur, die bewußt nach dem Prinzip der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung wirksam ist. Der Bonner Schule gebührt nicht nur das Verdienst, die Apparatur in Deutschland eingeführt, sondern auch durch die Systematisierung des Lingualbogens und der Hauptfederformen verbessert zu haben. Die Verbindung des Lingualbogens mit dem im Anwendungsbereich erweiterten Hochlabialbogen zu einer Einheit ergibt die Grundlagen dieses Systems.

Ebenfalls führen auch die Simon'schen Apparaturen zum größten Teil die körperliche Bewegung der Zähne mit einer Einpunktsverankerung durch.

Zur Durchführung dieser Bewegung geht man zum Teil von einem Hauptbogen aus größer dimensioniertem Material aus, an dem man die Hilfsfederchen befestigt. Zum Teil wird auch, besonders in letzter Zeit, als Basis die Kautschukplatte angewandt, in die zur Erreichung von besonderen Einzelbewegungen entsprechende Finger- und „Schlingen"-Federchen eingelassen werden.

Ainsworth und Stanton haben Frühdehnungsapparate angegeben, die mit Ausnahme der Ankerzähne auch nach dem Prinzip der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung wirken.

Die Kritik der körperlichen Bewegung bei Einpunktsverankerung kommt hauptsächlich von der neuen Angle-Schule.

Strang, ein Angle-Schüler, bezeichnet in einer Arbeit den Lingualbogen als einen „Zahnkipper", der die Zähne in ihre Normalstellung hineinkippe und sie dadurch in eine ungünstige „strategische" Lage zur Kauebene bringe.

Oppenheim und Rehak, die den Standpunkt Strangs teilen, suchten einen Beweis ihrer Behauptungen anzutreten. Doch konnte Hausser in einer Gegenarbeit klar und überzeugend

nachweisen, daß ihre Behandlungsfälle, die sie als Beleg brachten, „geradezu als klassisches Beispiel für eine unsachgemäße Anwendung des Lingualbogens und seine Federelemente" anzusehen sind.

Die Arbeiten von Mershon, Salamon, Nevrézé und Korkhaus haben ebenfalls in überzeugender Weise dargetan, daß die körperliche Bewegung der Zähne bei Einpunktsverankerung mit dem Lingualapparat sehr wohl möglich und sogar als die biologisch günstigste Bewegungsart anzusehen ist.

Die von Andresen in seiner „Funktionskieferorthopädie" angewandten „Aktivatoren" sind Kautschukplatten, die ihrer Wirkungsweise nach die Seitenzähne tangential angreifen und beeinflussen. Sie dürften demnach auch unter die Apparate mit Einpunktsverankerung zur körperlichen Bewegung einzubeziehen sein. Die „Aktivatoren" selbst werden als passive Apparaturen bezeichnet, die die von den Muskeln hervorgerufenen Kräfte auf die Zähne übertragen und somit Bewegungen dieser hervorrufen sollen. Da Andresen mit diesen „Aktivatoren" vorwiegend eine Umänderung des ganzen Kieferkörpers anstrebt, soll in einem späteren Abschnitt dieser Arbeit näher darauf eingegangen werden.

3. Körperliche Bewegung bei starrer Verankerung.

Bei der Besprechung der körperlichen Bewegung bei starrer Verankerung erübrigt es sich, die körperliche Bewegung als solche noch einmal näher zu definieren, da sie im vorhergehenden Abschnitt eingeheng besprochen ist.

Unter starrer Verankerung versteht man eine starre Verankerung des Zahnes im Kräftesystem der Apparatur.

Es liegt im Prinzip einer starr fassenden Apparatur, daß man mit ihr nicht nur eine rein „körperliche" Bewegung, bei der die Längsachsenrichtung erhalten bleibt, vornehmen kann, sondern auch eine solche Parallelverschiebung des Zahnes mit einer kippenden Bewegung zu kombinieren vermag. Das ist z. B. der Fall bei der apikalen Protrusionsbewegung, die sich aus einer Parallelverschiebung und einer Kippbewegung des Zahnes zusammensetzt.

Infolge der starrfassenden Apparatur ist die freie Eigenbeweglichkeit des Zahnes ganz aufgehoben. Eine Aufrichtung durch die funktionellen Kräfte ist infolge der Verankerung nicht möglich, erübrigt sich auch.

Es ist von Interesse, zunächst einen kurzen Überblick über Entstehung und Entwicklung dieser Gedankengänge zu geben.

Case, von der eigenen praktischen Erfahrung ausgehend, daß bei Verwendung von Ligaturen die Zähne häufig kippen, setzte als erster den Gedanken, die Zähne starr zu fassen, um eine körperliche Bewegung durchführen zu können, in die Tat um. Er hat den Doppelbogen angegeben, der die Möglichkeit bietet, die umbänderten Frontzähne in zwei voneinander entfernt liegenden Punkten anzugreifen und so den Zahn körperlich zu bewegen.

Angle begegnete der neuen Apparatur von Case zuerst sehr kritisch und gab der Verwendung von Ligaturen zunächst noch den Vorzug. Allerdings brachte ihn die Beobachtung, daß die durch den Außenbogen mit Ligaturen gekippten Zähne sich während der Retentionszeit oft nicht genügend aufrichteten, auf den Gedanken, durch eine besondere Apparatur eine Beschleunigung der Aufrichtungsbewegung herbeizuführen. Mit einem „working retainer" („Stift-Röhrchen-Apparat") wollte er also zunächst nur die Retentionszeit abkürzen. Die guten Erfolge veranlaßten Angle, diesem Apparat eine größere Bedeutung beizumessen. Angle schreibt:

„Ausgehend von den mit dem working retainer erzielten Erfolgen war es nur eine logische Schlußfolgerung, das in demselben verkörperte Prinzip in die eigentliche Therapie der Okklusionsanomalien aufzunehmen: die für die Behandlung bestimmten Apparate derart zu konstruieren, daß mit denselben nicht eine bloße Kippung der Zähne, sondern eine gleichzeitige Bewegung von Krone und Wurzel und Einstellung derselben im normalen Neigungswinkel ermöglicht wird."

Mit der Verwendung des „working retainer" als aktive Regulierungsapparatur hat Angle also das früher von ihm bestrittene Prinzip von Case übernommen. Mit der Herstellung und praktischen Verwendung des „Stift-Röhrchen-Apparates" waren jedoch große technische Schwierigkeiten verbunden. Die Konstruktion des vertikalen Bandbogens, die das Prinzip der körperlichen Verankerung wahrt, ist deshalb als eine wesentliche Verbesserung anzusehen.

Die zunehmenden Erkenntnisse über die in der Orthodontie erforderlichen physiologisch günstigen Kräfte führten auch zu einer Vervollkommnung des Materials hinsichtlich seiner Elastizität und Dimension. Fabrikmäßig hergestellte und deswegen ganz genau zueinander passende Befestigungsvorrichtungen und Bogen gewährleisten eine absolut starre Verankerung.

Von den bekannteren Angle-Schülern: Young, Griffin und Robinson wurden späterhin Modifikationen des Bandbogens angegeben, die sich von dem Angle'schen Bandbogen nur durch die Art der Befestigungsvorrichtungen und Bogendimension unterschieden.

Eine Vereinfachung in der Herstellung der körperlich fassenden Apparaturen stellt der „Schlitz-Röhrchen-Apparat" von McCoy dar, der außerdem noch den Vorteil hat, daß der Bogen horizontal eingeführt wird. „Die Befestigungsart erlaubt an sich noch keine körperliche Beeinflussung. Sie wird erst durch kleine vertikale Stiftchen vermittelt, die am Bogen so angelötet sind, daß sie auf die labiale Seite des betreffenden Zahnes drücken. Der Apparat vereinigt also die Möglichkeiten des Außenbogens mit Ligaturen (Kippen der Zähne mit nachträglicher Aufrichtung) und des Bandbogens Angles (körperliche Bewegung)" (Korkhaus).

Gewissermaßen als Abschluß einer Entwicklungsreihe gibt Angle seinen horizontalen Bandbogen an, den er selbst als „das Letzte und Beste im Bereich orthodontischer Mechanismen" bezeichnete. Seine Vorzüge vor dem vertikalen Bandbogen liegen einmal in einer Erleichterung der Einführung in die horizontal offenen Attachments, zum anderen in der Möglichkeit, mesiodistale Bewegungen der Zähne am Bogen entlang durchzuführen. Die verwendete hochelastische Legierung erlaubt eine noch feinere Dimensionierung des Bogens und somit die von Angle dauernd geforderte feinere Dimensionierung der Kräfte. Hinsichtlich seiner mechanischen Eigenschaften ist der Bandbogen „zweifellos als das vollkommenste bisher angegebene Behandlungsgerät der körperlichen Bewegung zu bezeichnen. Wenn man sich unter Hinterachtlassung der biologischen Seite des Problems die Aufgabe stellt, durch möglichst sinnreiche Vorrichtungen die Zähne zwangsläufig an ihre richtige Stelle im Zahnbogen und in ihre normale Achsenneigung zu bringen, so wird man kaum eine bessere Lösung finden" (Korkhaus).

Es liegt im Prinzip der körperlich fassenden Apparaturen, daß die Kraftdosierung für den einzelnen zu bewegenden Zahn außerordentlich schwierig ist. Obwohl die Anhänger dieser Apparaturen der hochgradigen Elastizität der Bögen feine physiologische Kräfte zuschreiben, so lehrt doch die Erfahrung, daß die angewandte Kraft sich oft auf einzelne Zähne zu stark auswirkt.

Das Prinzip der körperlichen Bewegung bei starrer Verankerung setzt voraus, daß der Außenbogen als Kraftquelle mit dem Zahn absolut starr verbunden ist. Diese Art von Kraftübertragung bringt es von selbst mit sich, daß die freie Eigenbeweglichkeit der Zähne, die ja in direktem Zusammenhang mit den funktionellen Einflüssen steht, aufgehoben ist. Damit wird das von der Angle-Schule so gefürchtete „jiggling" vermieden. Vor allen Dingen aber ermöglicht diese Art der Kraftübertragung die von der Angle-Schule so hochgeschätzte „körperliche Kontrolle" (Strang). Die Angle-Schule bewertet also die Aufhebung der freien Eigenbeweglichkeit der Zähne sowie die Ausschaltung der funktionellen Kräfte als durchaus positiv.

Infolge der Konstruktion der körperlich fassenden Apparaturen ist die Lage des Angriffspunktes am Zahn an und für sich belanglos, da ja durch die feste Verbindung zwischen dem Bogen und den Befestigungsvorrichtungen die Kraft sich gleichmäßig auf den Zahn verteilt auswirken soll. Die biologischen Verhältnisse bei den körperlich wirkenden Apparaturen mit starrer Verankerung sind von vielen Seiten kritisch untersucht worden. Bekannt ist die Statistik Ketchams, die sich auf die Untersuchungen von mehr als 500 mit verschiedenen Apparaturen behandelter Fälle aufbaut. Es ergab sich, daß gerade bei den körperlich fassenden Apparaturen ein sehr hoher Prozentsatz röntgenologisch feststellbarer Resorptionserscheinungen nachweisbar war.

Auch Brodie macht die Feststellung, daß die Verwendung körperlich fassender Apparaturen stets „markante Resorptionen" an der Wurzel mit sich bringe. Nach Brodie sind sie unumgänglich und nicht als Kunstfehler zu betrachten, vielmehr sei eine Apparatur, die diese Gefahr weitmöglichst verringere, zu wählen.

Die neue Angle-Schule als vorwiegend mechanisch eingestellte Schule der körperlichen Bewegung erfuhr insbesondere von seiten der „modernen biologischen Behandlungsrichtung" eine eingehende Kritik. A. M. Schwarz weist darauf hin, daß die körperliche

Bewegung bei starrer Verankerung größere Kraft erfordere, da die auswirkende Kraft sich auf die Gesamtoberfläche der Wurzel verteile. Die große Schwierigkeit liege nun darin, die Aktivierung des Bogens — die teils durch Spannen, teils Ausbiegen, teils Torquieren des Bogens geschieht — so vorzunehmen, daß sich die hervorgerufene Kraft auf jeden Zahn in biologisch günstigstem Ausmaß auswirke. So ergibt z. B. schon eine nur geringe Torquierung des Bogens natürlich einen verhältnismäßig großen Ausschlag der Wurzelspitze, der zu Zerstörung des periapikalen Faserapparates und zu Resorptionen führen kann.

Korkhaus unterzieht die starre Verankerung bei der körperlichen Bewegung einer besonderen Kritik, da sie die Einwirkung der Artikulationskräfte und der Funktion überhaupt ausschalte.

„Warum bedient man sich dieser Kräfte erst nach den Zahnbewegungen, wenn die Kontrolle über den Patienten nicht mehr so regelmäßig ist wie vorher, und warum sorgt man durch eine zwangsjackenähnliche Einpferchung der Zähne sogar dafür, daß der Einfluß derartiger natürlicher Kräfte nach Möglichkeit ausgeschaltet ist! Erscheint es nicht viel besser, sich diese Kräfte der Funktion zum Verbündeten zu machen und sich darauf zu beschränken, ihre Tätigkeit zu ermöglichen, zu leiten und zu kontrollieren?" (Korkhaus).

An anderer Stelle seines Lehrbuchs schreibt Korkhaus:

„Schmerzlosigkeit, gleichzeitiger Umbau der Alveole, völlige Erhaltung der Kaufunktion und der Einflüsse der Umgebung, freie Beweglichkeit und Reaktionsfähigkeit des Zahnes, keinerlei starre Einzwängung in eine Apparatur, das sind in der Hauptsache die Merkmale einer physiologischen Zahnbewegung, die damit auch die Art der orthodontischen Einwirkung kennzeichnen, wie sie nach moderner Anschauung beschaffen sein soll. — Die körperlich fassenden Apparate — das erkennt man schon bei oberflächlicher Betrachtung — entsprechen recht wenig diesen Bedingungen."

Die Indikation zur Verwendung einer Apparatur mit starrer Verankerung liegt nach der Auffassung der modernen Angle-Schule und ihrer Anhänger prinzipiell immer vor. Die technischen Schwierigkeiten, weit aus dem Zahnbogen stehende Zähne mit dem Bandbogen direkt zu beeinflussen, hat Angle mit der Wiederverwendung von zwischengeschalteten Ligaturen gelöst. Einen besonderen Vorzug seines horizontalen Bandbogens sieht Angle in der Möglichkeit der Distalverschiebung durch Kippung sämtlicher Seitenzähne im Oberkiefer, eine Therapie, die in gewissen Fällen von Distalbiß einzuschlagen ist.

Nach Auffassung der „Bonner Schule" sind die körperlich fassenden Apparaturen nur in einzelnen besonders gelagerten Fällen angezeigt. Notwendig ist eine derartige Apparatur z. B., wenn eine große Nachentwicklung der apikalen Basis in sagittaler Richtung durchgeführt werden soll, z. B. wenn die Protrusionsbewegung der Frontzähne vorwiegend apikal sein soll.

Die Apparaturen, die eine absolut starre Kraftübertragung gewährleisten, sind bereits im Anfang dieses Abschnittes besprochen. Die heute gebräuchlichsten sind die beiden Bandbögen von Angle und deren verschiedene Modifikationen.

Als eine Art Unterabteilung der vorgenannten körperlich wirkenden Apparaturen wären noch die Apparaturen mit „labiler" körperlicher Verankerung anzusprechen. Es sind dies alle Apparaturen, bei denen der Zahn selbst zwar körperlich, d. h. in zwei voneinander entfernt liegenden Punkten gefaßt ist, wobei aber keine absolut starre Verbindung zwischen Kraftquelle und Zahn besteht.

Ein typisches Beispiel für eine derartige „labile" Verankerung ist das „Dreihakenband" von Simon. Nach Angabe des Autors ist es möglich, eine Parallelverschiebung des Zahnes mit dieser Apparatur durchzuführen. Daß diese Parallelverschiebung nur in den seltensten Fällen ohne weiteres eine vollkommene sein kann, zeigt folgende Überlegung: Jeder Zahn setzt orthodontischen Bewegungen eine ganze Reihe größerer und kleinerer Widerstände entgegen. Die Summation dieser Widerstände ergibt einen Gesamtwiderstand, der als „Gesamtwiderstandspunkt" irgendwo im Zahn zu denken wäre. Wäre es praktisch möglich, den Zahn direkt in diesem Punkt anzugreifen, würde man rein theoretisch eine absolute Parallelverschiebung erreichen können.

Simon hat versucht, das Problem so zu lösen, daß er sich drei möglichst weit auseinanderliegende Kraftangriffspunkte außerhalb des Zahnes schaffte. Von einem genügend stabilisierten Ankerzahn wirken drei Kraftquellen in Form von Gummizügen auf die drei Angriffspunkte. Diese drei Kraftzüge lassen sich durch eine Resultierende ersetzen. Diese muß nun, um eine absolute Parallelverschiebung zu bewirken, den „Gesamtwiderstandspunkt" des Zahnes treffen. In allen anderen Fällen muß also eine Drehung oder eine Kippung oder beides zusammen auftreten. Für die praktische Durchführung einer derartigen Bewegung mit dem Drei-

hakenband wäre also je nach den gegebenen lokalen, dentalen und peridentalen Verhältnissen die Lage der drei Häkchen zueinander entsprechend anzunehmen. Allerdings ist es möglich, entstehende Kipp- oder Drehbewegungen durch Verwendung größerer oder kleinerer Gummizüge auszugleichen oder gering zu halten. Hauptsächlich findet das Dreihakenband bei körperlicher Bewegung von einzelnen Zähnen über größere Strecken — wie eine Prämolarenbreite und darüber — Verwendung, z. B. hat sich seine Verwendung zur Retrusion der Eckzähne nach Extraktion der ersten Prämolaren und auch beim Schließen eines Diastemas bewährt.

S i m o n hat später sein „Rückziehfederchen" zur körperlichen Bewegung einzelner Zähne — vorwiegend in mesio-distaler Richtung — angegeben. Dieses Rückziehfederchen greift in eine am Vollband angebrachte Befestigungsvorrichtung ein. Seine feine Dimensionierung und Ausbiegung sowie die labile Verankerung erlauben jedoch noch eine gewisse Eigenbeweglichkeit des körperlich gefaßten Zahnes.

Daß auch mit den Federchen des Lingualapparates eine körperliche Fassung des Zahnes zu erzielen ist, zeigt eine Apparatur, bei der Protrusionsfederchen mit einer frontalen Schlinge kombiniert sind. Hierbei ist der Kraftangriffspunkt der Fingerfederchen möglichst gingival gewählt, während die Frontalschlinge möglichst inzisal liegt. Die Fassung des Zahnes an zwei voneinander entfernten, labial und lingual liegenden Punkten gestattet eine körperliche Bewegung.

Eine Konstruktion von N e v r é z é läßt die Lingualfederchen mittels einer rechtwinkligen Abbiegung in einem Vertikalröhrchen, das an dem umbänderten zu bewegenden Zahn angebracht ist, angreifen. Infolge der Führung durch Rundröhrchen und der feinen Dimension der Fingerfederchen ist jedoch auch noch eine gewisse Labilität und Eigenbeweglichkeit gegeben.

4. Übersicht über die histologischen Veränderungen, die in nächster Nähe des Zahnes eintreten sollen.

Im Rahmen dieser Arbeit ist es von größtem Interesse, sich eine Übersicht über die histologischen Veränderungen, die in nächster Nähe des Zahnes eintreten, zu verschaffen.

„Jede orthodontische Beeinflussung eines Zahnes ist eine zeitweise Überlastung für diesen, sonst würde er sich nicht vom Ort bewegen. Die orthodontische Ortsveränderung des Zahnes ist die Folge einer biologischen Reaktion gegenüber dieser Überlastung" (A. M. Schwarz).

Man hat sich schon recht frühzeitig mit der histologischen Veränderung bei orthodontischen Maßnahmen beschäftigt. Die erste bedeutende Arbeit in dieser Hinsicht ist von dem Schweden Sandstedt im Jahre 1904 erschienen, dem das Verdienst zukommt, systematische Untersuchungen über die Gewebsveränderungen durchgeführt zu haben. Seine histologischen Erkenntnisse sind auch heute noch von maßgebender Bedeutung.

Die nächsten eingehenden Abhandlungen über dieses Gebiet stammen von Oppenheim, der seine bekannten Experimente an Affen im Jahre 1911 veröffentlichte und durch seine Untersuchungen von 1928 vervollständigte.

Wertvolle Beiträge zur Klärung der histologischen Verhältnisse bei den orthodontischen Zahnbewegungen geben die Überlastungsversuche an den Zähnen von Hunden, die Gottlieb und Orban 1931 vornahmen.

Eine Erweiterung erfuhren diese Ergebnisse durch die Untersuchungen von A. M. Schwarz in einer zusammenfassenden Arbeit von 1931/32.

Auf Grund der Arbeiten dieser bekanntesten Forscher und vieler anderer wie Kingsley, Walkhoff und Salamon, denen keineswegs eine geringere Bedeutung zukommt, besitzt man heute ziemlich genaue Kenntnisse der histologischen Veränderungen bei orthodontischen Maßnahmen.

Da die verschiedenen Gewebe, die das „organum dentale" bilden, in einem so engen Zusammenhang stehen, ist zu erwarten, daß sich Veränderungen nicht auf einzelne dieser Komponente beschränken. Die nun folgende Beschreibung der histologischen Vorgänge setzt bewußt die Anwendung physiologisch günstigster Kräfte voraus. Die histologischen Veränderungen bei Anwendung von Kräften außerhalb des biologischen Optimums werden später in diesem Abschnitt erörtert.

Da die Umbauvorgänge im Knochen seit jeher eine Streitfrage bilden, seien diese zuerst angeführt:

Nach Kingsley kommen die orthodontischen Zahnbewegungen infolge der Elastizität, Kompressibilität und Flexibilität des Alveolarknochens zustande, ohne daß primär ein histologischer Umbau stattfindet. Erst sekundär in der Retentionsperiode baut sich der Knochen entsprechend den Erfordernissen der geänderten Funktion der Zähne in ihrer neugewonnenen Stellung um. Diese Ansicht wurde auch von Walkhoff vertreten.

Oppenheims Anschauungen nähern sich sehr der Wolfschen Transformationstheorie. Nach Oppenheim ist der histologische Vorgang im Knochen folgender: Wird ein Zahn durch eine Kraft P beeinflußt, so ergibt sich eine Druck- und eine Zugseite. Der Alveolarknochen „blättert" sich nun unter Einwirkung dieser Kraft beiderseits in weitem Umfang um den Zahn herum in einen spongiösen Übergangsknochen auf. Erst dann wird auf der Druckseite der Übergangsknochen resorbiert und auf der Zugseite neuer Knochen angebaut. Bei beiden genannten Knochenformen, dem neugebildeten wie auch dem Übergangsknochen, ist die Struktur ungefähr senkrecht zur Zahnoberfläche angeordnet.

Oppenheim gibt in seiner letzten Arbeit an, daß der Knochenschwund am Alveolarrand am stärksten auftrete. Er macht fernerhin die Feststellung, daß als Schutzmaßnahme gegen die Verdünnung der Alveolarwand von der Innenseite her beim Menschen, im Gegensatz zu den im Jahre 1911 gemachten Befunden an Affen, sich nur eine geringe Knochenanlagerung in Form eines einfachen Osteoblastenbelages ausbildet. Da Oppenheim die Drehachse im Apex annimmt, ergibt sich analog seinen Anschauungen eine reine Druckseite und eine reine Zugseite.

Die Ansichten Sandstedts weichen wesentlich von denen Oppenheims ab. Nach Sandstedt dreht sich der von einer Kraft bewegte Zahn um eine etwas apikal von der Wurzelmitte gelegene Achse, so daß sich je zwei diametral gegenüberliegende Druck- und Zugbezirke ergeben. Dementsprechend liegen zwei Zonen der Knochenresorption und zwei Zonen der Knochenapposition vor. Der Knochen wird ohne Übergangsstadium direkt ab- und angebaut. Die Struktur des neugebildeten Knochens ist ebenfalls nach der Zugrichtung orientiert. Diese Auffassung deckt sich mit der Flouren'schen Drucktheorie.

A. M. Schwarz kommt auf Grund fremder und eigener Untersuchungen zu dem Schluß, daß der Flouren'schen Druck-

theorie für den Alveolarknochen ausnahmslos Geltung beizumessen ist. Er teilt damit die Ansichten Sandstedts, indem er auch zwei diametral gegenüberliegende Druck- und Zugbezirke annimmt.

Der Knochenabbau vollzieht sich in der Weise, daß die im Periodontalgewebe vorhandenen Osteoklasten durch den Druck auf der Innenseite des Alveolarknochens aktiviert werden und die Alveolarwand unter Bildung von Howship'schen Lakunen regelmäßig abbauen.

Der Knochenanbau ganz allgemein geschieht durch Tätigkeit der Osteoblasten, die auf der Zugseite Knochen anlagern. Über die Struktur dieses neugebildeten Knochens besteht keine einheitliche Anschauung. Nach Sandstedt und Schwarz folgen die neugebildeten Knochenbälkchen der Zugrichtung der gespannten Periodontalfasern. Durch spätere Querverbindungen entstehen dann Markräume und Hawer'sche Systeme.

Oppenheim unterscheidet in seiner letzten Arbeit bei der Anlagerung von Knochen eine Bildung von „Osteoid" in „Stachelform" und eine Anlagerung in gleichmäßig dicker Lage. Seine frühere Ansicht, daß die neugebildeten Knochenbälkchen dem Zug der Periodontalfasern folgend sich aufrichten, behält er bei.

Stein-Weinmann hat darauf aufmerksam gemacht, daß der Alveolarknochen im Umkreis jedes Zahnes aus dem sogenannten „Bündelknochen" — nach Weidenreich Faserknochen —, der nur durch die Einstrahlung der Sharpey'schen Fasern seinen besonderen Charakter hat, und dem lamellösen Knochen besteht. Dieser Bündelknochen bildet sich nach Angaben von Stein-Weinmann „überall dort, wo der Aufhängeapparat auf Zug beansprucht wird" und „wird früher oder später von lamellösem Knochen ersetzt".

Als weitere Art der Knochenanlagerung ist die „Osteophytbildung" nach Gottlieb anzusehen, auf deren Entstehung schon Sandstedt hingewiesen hat. Diese treten gewissermaßen zur Verstärkung auf der periostalen Außenwand des unter Druck stehenden Alveolarknochens auf. Die Struktur dieser Osteophytauflagerung ist oft senkrecht zur Oberfläche des Kieferknochens ausgerichtet.

Als Aufhänge- und Befestigungsapparat des Zahnes wird das Periodontalgewebe bei orthodontischen Maßnahmen natürlich stark in Mitleidenschaft gezogen. Die besondere Anordnung der Sharpey'schen Fasern erlaubt eine gewisse Streckung, ohne daß histologisch nachweisbare Veränderungen des Periodontalgewebes auftreten. Allerdings muß auch hier, wie bereits einmal erwähnt, eine biologisch günstigste Kraft angewandt werden, d. h. eine Kraft, die so gehalten werden muß, daß die Blutzirkulation und damit die Ernährung des Gewebes nicht unterbunden wird.

Das Zement ist seiner histologischen Struktur nach und infolge der größeren Vitalität seiner Zellen gegenüber Resorptionen wesentlich resistenter als der Knochen. Es liegt demnach auf der Hand, daß histologische Veränderungen am Zement infolge orthodontischer Maßnahmen bei Verwendung biologisch günstiger Kräfte nicht so leicht auftreten werden.

Das an sich weniger widerstandsfähige Dentin ist durch den härteren Mantel des Zementes vor allen gewebsändernden Einflüssen vollkommen geschützt.

Die Pulpa, von Dentin- und Zementmantel eingeschlossen, ist nur an ihrer apikalen Eintrittsstelle durch orthodontische Maßnahmen einer Beeinflussung ausgesetzt. Die geringen Zerrungen, die auch bei Verwendung von Kräften innerhalb des biologischen Optimums auftreten können, werden von dem nachgiebigen und reaktionsfähigen Pulpengewebe gut vertragen und schnell ausgeglichen.

Die geschilderten Gewebsreaktionen sind, wie mehrmals betont, von dem Standpunkt aus betrachtet, daß eine physiologisch günstigste Kraft angewandt wurde. Dieser nach Schwarz zweite biologische Wirkungsgrad zeichnet sich dadurch aus, daß „die Kraft ‚zart' ist, d. h. biologisch definiert, sie bleibt kleiner als der kapillare Blutdruck, also kleiner als 20—26 g pro qcm Druckfläche, ist aber doch so groß, daß sie eine kontinuierliche Resorptionstätigkeit am Alveolarknochen auf der Druckseite unterhält. Endausgang: anatomische und funktionelle restitutio ad integrum" (Schwarz).

Wird eine Kraft, die wesentlich kleiner als die eben erwähnte, angewandt, so liegt nach Schwarz der „erste biologische

Wirkungsgrad" vor, bei dem keinerlei Reaktionen im periodontalen Gewebe eintreten. Überschreitet die Kraft den „zweiten biologischen Wirkungsgrad" nicht wesentlich, so zeigen sich im großen und ganzen dieselben Erscheinungen, nur in größerem Ausmaße und mit größerer Intensität.

Tiefgreifende Veränderungen in den paradentalen Geweben treten jedoch bei Anwendung grober Kräfte bei der Durchführung der orthodontischen Zahnbewegungen ein. Diese groberen Kräfte, die dem „dritten biologischen Wirkungsgrad" entsprechen, verursachen nach Schwarz eine Unterdrückung des kapillaren Blutdruckes und damit eine Anämisierung und Nekrotisierung des eingeklemmten Periodontiums. „Diese Kraft disloziert den Zahn in seiner Alveole durch längere Zeit und führt zu einer starken Kompression des Weichgewebes, deren Folge teils heftige, wahllose, reaktive Resorptionsvorgänge am Knochen und am Zahn, teils aber auch schon kleinste Nekrosen sind. Man darf annehmen, daß mit ersteren größere Lockerung des Zahnes, mit letzteren das Auftreten von Schmerzen zusammenhängt. Kleinste zelluläre Nekrosen, dadurch bedingte, eng begrenzte, toxische Reizungsherde und entzündliche Oedeme dürften das anatomische Substrat dieser klinischen Erscheinungen abgeben, deren Rückbildung bei Aussetzen der Belastung bekanntlich rasch erfolgt" (Schwarz).

Nach Aufhören der einwirkenden Kraft tritt infolge der Regenerationsfähigkeit des Paradentiums nach Schwarz eine funktionelle restitutio ad integrum ein. Doch ist die Möglichkeit, daß die Zahnwurzelresorption im Dentin weiterschreitet, stets vorhanden. Die kanalförmigen Resorptionserscheinungen im Dentin können dabei nur durch Knochenapposition ausgeglichen werden.

Bei Verwendung von gröbsten Kräften, die „den vierten biologischen Wirkungsgrad" nach Schwarz darstellen, treten starke mechanische Quetschungen des Periodontiums auf. Schwarz schreibt: „Die den Zahn betreffende Kraft bewirkt eine so starke, anhaltende Kompression des Weichgewebes, daß dieses keinerlei reaktiven Lebensvorgänge mehr äußern kann, sondern in großem Ausmaße nekrotisch wird." Eine funktionelle restitutio ad integrum ist nach Schwarz auch hier möglich. Doch besteht die große Gefahr, daß durch die starke „Scherung" des Zahnes im Knochen die Pulpa nekrotisch wird. Auch führen

die Reparationsvorgänge häufig zum Verwachsen zwischen Zahn und Knochen.

Gewisse Richtlinien, nach welcher Zeit die ersten Gewebsveränderungen bei orthodontischen Maßnahmen festzustellen sind, ergeben sich aus den Experimenten an Hunden von Gottlieb und Orban. Die beiden Autoren haben nachgewiesen, daß auf der Druckseite schon nach 24 Stunden Osteoklasten nachweisbar sind, ein Beweis, daß die Resorption bereits im Gange ist. Auf der Zugseite zeigten sich die ersten Appositionserscheinungen schon nach 36 Stunden.

Das Tempo des Gewebsumbaues bei orthodontischen Maßnahmen ist in erster Linie abhängig von dem Reaktionsgrad des Patienten, der „die große Unbekannte ist und bleibt, mit der sich der Orthodontist bei jedem Falle auseinandersetzen muß" (Korkhaus).

Von Einfluß ist das Alter des Patienten, da die Erfahrung lehrt, daß der Knochen mit zunehmendem Alter infolge der entsprechend intensiver werdenden Verkalkung auf einwirkende Kräfte im allgemeinen träger reagiert. Die klinische Erfahrung sagt uns weiterhin, daß die Allgemeinkonstitution des Patienten für die Gewebsreaktionen von wesentlicher Bedeutung ist. Nach Schwarz reagiert z. B. ein Patient auf eine bestimmte orthodontische Kraft prompt, während bei einem anderen die gleiche Kraft fast keinerlei Wirkung zu erzielen vermag. Diesen individuellen Schwankungen, die in „der konstitutionell verschiedenen Resorptionsbereitschaft des Organismus begründet liegen", ist weitgehend Rechnung zu tragen bei der Durchführung orthodontischer Maßnahmen.

Das Tempo des Gewebsumbaus ist durchaus von der individuell verschiedenen Reaktionsfähigkeit abhängig. Es wäre demnach als unbiologisch anzusehen, eventuell eine Beschleunigung einer Zahnbewegung durch Anwendung einer größeren Kraft erzielen zu wollen. Vielmehr ist es so, daß die Größe der Kraft zu dem jeweiligen Tempo des Gewebsumbaus in einem optimalen Verhältnis stehen muß.

Eine zahlenmäßige Angabe der anzuwendenden Kraft ist von Schwarz gegeben worden. Danach soll die Kraftgröße unter dem kapillaren Blutdruck sein, d. h. 15—20 g pro qcm Druckoberfläche nicht übersteigen. Auf Grund seiner Erfahrungen hat

Mershon für die Aktivierung der Fingerfederchen von 0,5 mm Durchschnitt seines Lingualapparates eine Spannung dieser von höchstens $^3/_4$—1 mm angegeben. Die späteren Untersuchungen Nowacks haben gezeigt, daß die Kraft, die durch eine derartige Spannung der Fingerfederchen erzeugt wird, „sicherlich in die Breite der Reize fallen, die von dem Kiefer als Wachstumsanreiz und nicht als traumatische Schädigung aufgefaßt werden" (Korkhaus).

Korkhaus dosiert die Kraftgröße „je nach Art des Zahnes, Alter und Konstitution des Patienten". Seine Zahlenangaben, die das jeweilige Tempo des Umbaues bei Zahnbewegungen charakterisieren, sollen zunächst als Anhaltspunkte zum Aufstellen eines Behandlungsplanes herangezogen werden. Der tatsächliche Reaktionsgrad des Patienten, der individuellen Schwankungen unterworfen ist, ist erst durch Beobachtungen während einer gewissen Zeit feststellbar. Damit ist auch gleichzeitig ein Maßstab für die Aktivierung der Federchen gegeben.

Bezüglich der Art der auswirkenden Kraft kann diese kontinuierlich oder intermittierend sein. Die Schwarz'schen Untersuchungen haben gezeigt, daß die orthodontische Zahnbewegung als optimal anzusehen ist, wenn Resorptions- und Appositionsvorgänge dauernd im Gange sind und sich möglichst die Waage halten. Dieser Effekt wird am besten durch Verwendung kontinuierlicher und ganz schwacher Kräfte erzielt. Praktisch ist es allerdings sehr schwer möglich, eine kontinuierliche Kraftauswirkung dauernd gleichgroß zu halten, da ja der Zahn dem Drucke nachgebend ausweicht. Diese dadurch langsam abklingende Kraft bewahrt den Zahn vor Resorptionsgefahr und gewährt ihm eine gewisse Ruhepause für Reparationsvorgänge. Es ist deshalb auch berechtigt, diese Kräfte als schwache intermittierende Kräfte zu bezeichnen. Doch darf die Einwirkung auf einen Zahn nicht solange unterbrochen sein, daß sich auf der Druckseite wieder neuer Knochen bildet. „Denn der frisch gebildete, noch unverkalkte Knochen ist gegen Resorption viel widerstandsfähiger als alter verkalkter" (Schwarz). Diese Verhältnisse liegen bei mit großen Ruhepausen wirkenden intermittierenden Kräften vor, denn „bei neu einsetzender Kraft greift das Resorptionsgewebe, das auf den erhöhten Widerstand des neugebildeten Alveolarknochens stößt, um so leichter auch die Zahnoberfläche an" (Schwarz).

Ein Vergleich der histologischen Vorgänge in Bezug auf die Art der orthodontischen Bewegung: Kippung, körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung und bei starrer Verankerung ergibt, daß prinzipiell kein Unterschied vorhanden ist. Allerdings werden sich die Resorptions- und Appositionsvorgänge je nach der Art der Bewegung verschieden lokalisieren. Ganz besondere Aufmerksamkeit ist dem individuellen Reaktionsgrad des Patienten zu schenken, wobei Festigkeit und Schmerzfreiheit der bewegten Zähne die Indikatoren für richtig bemessene Kraft darstellen.

5. Die Beeinflußbarkeit des Alveolarfortsatzes, Kieferkörpers und weiterer Umgebung, insbesondere der Nase durch die orthodontische Zahnbewegung.

Es liegt nahe, anzunehmen, daß eine Beeinflußbarkeit des Alveolarfortsatzes, Kieferkörpers und der weiteren Umgebung durch orthodontische Zahnbewegungen durchaus möglich ist. Die große Schwierigkeit, festzustellen, inwieweit die natürliche Entwicklung auf der einen Seite und orthodontische Zahnbewegungen auf der anderen Seite Änderungen hervorrufen, macht es allerdings verständlich, daß hierüber keine absolute Klarheit besteht. Denn die innigen funktionellen und statischen Zusammenhänge zwischen Alveolarfortsatz, apikaler Basis und ganzem Kieferkörper lassen mit großer Wahrscheinlichkeit die Annahme gerechtfertigt erscheinen, daß die Beeinflussung einer dieser Komponenten eine entsprechende Veränderung einer oder mehrerer anderer Komponenten nach sich zieht.

Schon Angle hat die Feststellung gemacht, daß mit der Änderung der Zahnstellung „auch eine entsprechende Abweichung in der Entwicklung des Alveolarfortsatzes und in größerem oder geringerem Grade auch der Kieferknochen, des Gaumens, des Nasentraktes und der Gesichtsmuskeln die unbedingte Folge ist".

Cieszynski kommt auf Grund seiner statischen Untersuchungen des Schädels zu dem Schluß, daß „orthopädische Maßnahmen nicht nur auf die Stellung der Zahnelemente zur Auswirkung kommen, sondern auch auf das gesamte Kiefergerüst, den Gesichts- und in früher Jugend auch den Gehirnschädel".

Cieszynski gibt damit einen Hinweis, daß das Alter, d. h. das Entwicklungsstadium des Individuums eine Rolle spielt.

Dewey, der über die Beeinflußbarkeit des Kieferkörpers und dessen weiterer Umgebung Überlegungen angestellt hat, neigt zu der Ansicht, daß man bei jüngeren Individuen die auftretenden Veränderungen nicht so sehr als ein Resultat direkter maschineller Einwirkungen ansprechen könne. Vielmehr sei es so, daß die mechanische Wirkung der Apparatur lediglich einen günstigen Anreiz zur nachträglichen Entwicklung darstelle, und die einsetzende Nachentwicklung in günstige Bahnen lenke. Bei älteren Individuen, bei denen eine Wachstumstendenz nur noch in geringem Maße oder gar nicht mehr vorhanden sei, sind die Veränderungen des Kieferkörpers und dessen Umgebung vorwiegend als ein Produkt der mechanischen Auswirkung einer Apparatur anzusehen.

Es ist verständlich, daß ohne die Hilfe der natürlichen Wachstumstendenz ein Umbau des Kieferkörpers und seiner Komponenten nicht mehr in dem Grade möglich ist, wie bei ganz jungen Individuen. Zum anderen wird auch noch die trägere Reaktion ein weitaus größeres Zeitmaß für den Umbau erfordern.

Für die späteren Ausführungen erscheint es zweckmäßig, die Begriffe: Alveolarfortsatz, apikale Basis und Kieferkörper klarzulegen.

Als Alveolarfortsatz ist das „Zahnfach", d. h. der die Zähne tragende und umgebende Knochen anzusehen. A. M. Schwarz bezeichnet als Alveolarfortsatz die Zahnfächer, „doch dürfen diese nur als ganz dünne, mit den Zahnwurzeln im Kieferkörper steckende Knochenscheiden verstanden werden".

Lundström hat zuerst die allgemeine Aufmerksamkeit auf den Wurzelgrund gelenkt. Von ihm stammt auch die Bezeichnung „apikale Basis" für diese Gegend.

Als „apikale Basis" bezeichnet Schwarz „den den Zahn und das Zahnfach tragenden Teil des Kieferkörpers". Man darf also nach Schwarz „diese Gegend sowohl im Ober- wie im Unterkiefer mit dem das Gebiß tragenden Teil des Kieferkörpers selbst gleichsetzen". Die Ausdehnung der apikalen Basis nach vorne ist durch den vorderen Nasenstachel — Spina nasalis ant. — gegeben. In der Praxis betrachtet man als apikale Basis die Zone

des Überganges von Alveolarfortsatz in den Kieferkörper. Schwarz schreibt:

„Über die Ausdehnung des Wurzelgrundes belehrt uns zunächst schon recht weitgehend die Untersuchung am Patienten selbst. Indem wir mit dem Finger vorsichtig gegen die Umschlagfalten der Lippen und Wangen vordringen, können wir die äußeren Kieferwände entlang den Wurzelwülsten der Zahnfächer meist in ihrer ganzen Höhe abtasten und diesen Befund, wenn die Weichteildecke nicht allzu mächtig entwickelt ist, auch durch Abtasten des Gesichtes von außen erweitern."

Ein näheres Eingehen auf Form und Aufbau des Kieferkörpers erübrigt sich, da er in seiner Anatomie hinlänglich bekannt ist. Von größerem Interesse für den Orthodontisten ist die Tatsache, daß der Oberkieferknochen mit seinen Fortsätzen den größten Teil der Begrenzung der Nasenhöhle bildet, und zwar die beiden vorderen Drittel des Nasenbodens und der Nasenseitenwände. Somit ist die Größe der Nasenhöhle weitgehend abhängig von der Entwicklung des ganzen Oberkieferkörpers.

Nachdem die Begriffe Alveolarfortsatz, apikale Basis und Kieferkörper klargelegt sind, soll jetzt die Möglichkeit einer Beeinflußbarkeit des Alveolarfortsatzes durch die orthodontischen Zahnbewegungen erörtert werden. Eine Beeinflußbarkeit des Alveolarfortsatzes ist auf zweierlei Art möglich. Einmal greift die beeinflussende Kraft direkt an den Zähnen an. Zum andern wirkt sie vornehmlich auf den Alveolarfortsatz selbst. Die erste Art der Kraftübertragung, die man als indirekte Beeinflussung des Alveolarfortsatzes bezeichnen kann, liegt demnach immer bei der Verwendung solcher orthodontischen Apparaturen vor, deren Kräfteauswirkung nur den Zahn betrifft. Daß bei diesen orthodontischen Zahnbewegungen der Alveolarfortsatz sich weitgehend mitverändert, lehrt die praktische Erfahrung. Allerdings dürfen die ausgeübten Kräfte nur so groß gehalten werden, daß der Umbau des Alveolarfortsatzes mit der Zahnbewegung gleichen Schritt halten kann.

Gottlieb hat durch den Nachweis der „Osteophytbildung" auf der periostalen Außenwand des unter Druck stehenden Alveolarknochens auch die histologische Bestätigung hierfür erbracht. Der Vorgang ist also nicht eine „Verschiebung" des Alveolarfortsatzes auf der apikalen Basis, sondern eine durch allmähliche Umformung erreichte Lageveränderung der Alveole.

Als indirekte Beeinflussung des Alveolarfortsatzes dürfte auch die Be- und Entlastungstherapie anzusehen sein. Die durch den Aufbiß belasteten Zähne werden dabei gewissermaßen zusammen mit ihren Alveolen versenkt, während die durch Bißsperrung entlasteten Zähne so Gelegenheit erhalten, sich mit ihren Alveolen nachzuentwickeln, da jedem Zahn die Tendenz innewohnt, sich so lange zu verlängern, bis er auf einen Widerstand — meistens seinen Antagonisten — trifft. Daß tatsächlich eine Mitentwicklung des Alveolarfortsatzes stattfindet, geht daraus hervor, daß die Größe der klinischen Krone unverändert bleibt.

Ein wesentliches Wirkungsmoment der „Aktivatoren", die Andresen in seiner „Funktionskieferorthopädie" angegeben hat, dürfte nach Korkhaus darin zu suchen sein, daß durch eine derartige Entlastung der Seitenzähne diesen die Möglichkeit gegeben ist, sich nachzuentwickeln, d. h. weiter durchzubrechen. Der bei den orthodontischen Krankheitsbildern — und vorwiegend im Unterkiefer — oft vorhandene Preßstand muß sich auflockern. Die dadurch einsetzende vertikale Nachentwicklung geht nach den Untersuchungen von Brasch an Tieren und von Korkhaus an Menschen nicht rein vertikal, sondern außerdem noch in transversaler und in sagittaler Richtung vor sich, so daß die Breitenabstände des Zahnbogens zunehmen.

Nach der in dieser Arbeit angenommenen Definition des Alveolarfortsatzes besteht keine praktische Möglichkeit, diesen isoliert zu beeinflussen. Doch soll damit nicht gesagt sein, daß eine direkte Beeinflussung des Alveolarfortsatzes nicht möglich ist. Allerdings bringt die Art der Apparatur, die eine direkte Beeinflussung des Alveolarfortsatzes gestattet — und hier ist in erster Linie an die Dehnungsplatten gedacht — es mit sich, daß ihre Auswirkung auch die Zähne selbst sowie die apikale Basis trifft.

Bevor die Beeinflußbarkeit der apikalen Basis näher besprochen wird, sei nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß ein Umbau des Alveolarfortsatzes unabhängig von dem der apikalen Basis nicht denkbar ist, sondern daß eine Veränderung eines Teils immer eine entsprechende Veränderung des andern mit sich zieht.

Angle hat in seinem Lehrbuch keinen Unterschied zwischen Alveolarfortsatz und apikaler Basis gemacht. Doch ist aus dem

Sinn seiner Ausführungen zu entnehmen, daß er mit dem von ihm gebrauchten Begriff „Alveolarfortsatz" nicht so sehr den tatsächlichen Alveolarfortsatz meint, als vielmehr die apikale Basis und Alveolarfortsatz. Danach sind auch die Ausführungen Angles in seinem Lehrbuch zu bewerten, wenn er schreibt: „Sobald die Zähne in richtige Beziehung zu der Okklusionslinie gebracht sind und die Harmonie der Okklusionsflächen einmal besteht, ist die Richtung der Kraft derart geändert, daß sie einen veränderten und mehr normalen Einfluß auf die Gewebe des Alveolarfortsatzes und der Gesichtsknochen ausübt. Dieser Reiz veranlaßt die Natur, das Gebiß weiterhin in Übereinstimmung mit ihrem ursprünglichen Plan und dem Typus des Individuums aufzubauen" (2. deutsche Ausgabe, S. 226). Angle ist also der Ansicht, daß eine Veränderung der apikalen Basis — „Alveolarfortsatz" — auf Grund orthodontischer Zahnbewegungen auch in größerem Ausmaß eintritt, eine Behauptung, die er an Hand mehrerer behandelter Fälle beweist.

Es hat sich auch späterhin in der Praxis immer wieder gezeigt, daß bei Durchhührung größerer Dehnungen selbst in Fällen mit unterentwickelter apikaler Basis eine Nachentwicklung dieser eingesetzt hat. Dafür spricht die Tatsache, daß nach Abschluß einer Dehnung und einer längeren Retentionsperiode die Achsenrichtung der Zähne die gleiche ist wie zuvor, und daß keine Stufe zwischen Alveolarfortsatz und apikaler Basis erkennbar ist.

Wesentlich ungünstiger als bei transversaler Beeinflussung der apikalen Basis liegen die Verhältnisse, sofern eine Veränderung — sei es Vergrößerung oder Verkleinerung — des Wurzelgrundes in sagittaler Richtung durchzuführen ist.

Schwarz, der den vorderen Nasenstachel als Marke für die Ausdehnung des Wurzelgrundes nach vorne angibt, ist der Ansicht, „daß die besondere Bedeutung dieses Kieferknochenabschnittes, der nicht nur Untergrund für die Zähne, sondern zugleich Boden der Nasenhöhle sowie Anwachsungsstelle des knorpeligen Nasengerüstes und kräftiger Gesichtsmuskeln ist, darin liegt, daß er sich in seiner Längsausdehnung durch unsere künstlichen, an den Zähnen selbst angreifenden Maßnahmen allein, wenn überhaupt, so sicherlich nur unwesentlich abändern läßt".

Diese von Schwarz sowie von Korkhaus besonders

betonten Schwierigkeiten der Nachentwicklung in sagittaler Richtung müssen in der orthodontischen Therapie bei Krankheitsbildern, wie z. B. bei Deckbiß mit Distalbiß (große obere apikale Basis) oder bei Kieferkompression mit ausgesprochener Protrusion (kleine obere apikale Basis) weitestgehend berücksichtigt werden, wenn ein biologisch und statisch günstiger Zusammenhang zwischen Alveolarfortsatz und Kieferkörper und eine optimale Harmonie des Profils erreicht werden sollen. Die Ursache dieser Schwierigkeit der Verkleinerung bzw. Vergrößerung der apikalen Basis in sagittaler Richtung dürfte wahrscheinlich zum Teil darin liegen, daß die funktionellen Kräfte, deren Einwirkung sicherlich von wesentlicher Bedeutung für den Umbau ist, bei den Frontzähnen nur in geringem Grade zur Geltung kommen.

Als besonders geeignet zur Beeinflussung der apikalen Basis in transversaler Richtung hat sich die sogenannte „Dehnungsplatte" mit Schraube erwiesen, die von N o r d erstmals angegeben wurde. Infolge ihrer großen Auflagefläche erlaubt die Dehnungsplatte eine direkte gleichzeitige Beeinflussung der Alveolarfortsätze und der apikalen Basis. Eine Dehnung mit der Dehnungsplatte resultiert nicht nur in einer Verbreiterung des Zahnbogens mit dem Alveolarfortsatz, sondern auch in einer Verbreiterung des Gaumendaches. Diese mit der Dehnungsplatte erzeugte Verbreiterung des Gaumendaches könnte einmal, rein theoretisch betrachtet, so zustande kommen, daß die seitlichen Alveolarfortsätze auf der Oberkieferbasisebene gewissermaßen verschoben werden, zum andern wäre die Verbreiterung durch ein Breitenwachstum im Bereich der sagittalen Gaumennaht zu erklären. Da die Natur sich derart alternativer Lösungen nie bedient, sondern mehr zu Kompromissen neigt, ist wohl zu vermuten, daß auch hier ein Zusammenwirken beider Faktoren das Wahrscheinliche ist.

Die Verbreiterung des Gaumendaches als Folge einer durchgeführten Dehnung im Seitenzahngebiet ist eine allgemein bekannte Tatsache. Die nächstliegende Erklärung fand man darin, daß sich mit der Verbreiterung des Zahnbogens das Gaumendach senke. Als Beweis dafür führte man die Beobachtung an, daß ein vorher abgebogenes Nasenseptum sich nach durchgeführter Dehnung ausgerichtet zeigte. Während diese Anschauung aus einer rein physikalischen Betrachtungsweise entstand, zieht eine

andere Theorie vorwiegend die biologischen Faktoren zur Erklärung heran.

Dewey, als Vertreter letzterer Anschauung, schreibt in seinem Lehrbuch, daß nur ein geringerer Teil der Verbreiterung als ein unmittelbares Ergebnis des mechanischen Druckes anzusehen sei. Zum größeren Teil resultiere diese Veränderung aus einem Wachstum, das durch die mechanische Wirkung der Apparatur seinen Anreiz erhalte. Diese angeregten Wachstumskräfte führen einen lebhaften Zellumbau und Strukturveränderungen des Knochens herbei. Die sich bei einer Dehnung ergebende Ausrichtung des Nasenseptums betrachtet Dewey als Folge des einsetzenden Wachstums, das sich bei dem engen anatomischen Zusammenhang zwischen Oberkiefer und Nasenhöhle natürlich auf beide erstreckt. Diese Ansicht Deweys kann als Erklärung dafür dienen, daß die absolute Gaumenhöhe auch nach Verbreiterung des Gaumengewölbes oft die gleiche bleibt.

Die Untersuchungen Paschkes über die Höhe des Gaumendaches nach beendigter Dehnung in 10 Fällen ergaben eine Senkung des Gaumendaches in 5 Fällen. In 2 Fällen blieb die Höhe unverändert, während sie sich in 3 Fällen vergrößerte. Paschke erklärt diese Vergrößerung „mit dem Wachstum des Alveolarfortsatzes, da in den genannten Fällen der Durchbruch der bleibenden Zähne bei Beginn der Behandlung noch nicht vollkommen stattgefunden hatte".

Paschke hat sich im Rahmen derselben Arbeit eingehend mit der Frage befaßt, inwieweit eine Vergrößerung der Nasenhöhle durch eine Erweiterung des oberen Zahnbogens eintritt. Er stützt sich auf die Gedankengänge und Erfahrungen von Eysell und Bogue und vor allem auf Schröder-Benseler, der in Deutschland besonders für eine Nasenerweiterung durch Oberkieferdehnung eingetreten ist. Zur Durchführung seiner eigenen Untersuchungen wurde von Paschke als Dehnungsapparat ein Außenbogen von einer Stärke von 0,7—0,8 mm aus Kruppschem Stahl verwandt. Die orthopädischen Behandlungen erstreckten sich über 1 bis 2 Jahre und hatten Dehnungen von durchschnittlich etwa 5,0 mm zur Folge. Trotz dieser relativ geringen Erweiterung des Oberkiefers stellt Paschke

„oft eine wesentliche Vergrößerung des Nasenraumes in allen seinen Dimensionen fest. Es trat hauptsächlich eine Erweiterung des unteren und teilweise

auch des mittleren Nasenganges ein." — „Auch auf den knöchernen Naseneingang, die apertura piriformis, und den Nasenausgang, die Choanen, machte sich der Einfluß der Behandlung geltend." — „Die teilweise sehr starke Beeinflussung, der dem os maxillae benachbarten Knochen, läßt den Schluß berechtigt erscheinen, daß diese Veränderungen durch die orthopädische Behandlung des Oberkiefers erreicht worden sind. Dies darf um so mehr angenommen werden, als in den genannten Fällen die Behandlung erst in späteren Jahren begonnen wurde, also in einem Alter, wo das normale Knochenwachstum des Gesichtsschädels nur noch sehr langsam fortschreitet. Der röntgenologische Nachweis der Erweiterung der knöchernen Nasenhöhle gibt die Erklärung für unsere klinische Beobachtung, daß alle Patienten im Laufe der Behandlung ihres engen Oberkiefers eine wesentliche Besserung ihrer behinderten Nasenatmung bemerkten."

Paschke hat nicht weniger als 39 Meßstrecken am Gesichtsschädel zur Unterstützung seiner Untersuchungen tabellarisch aufgestellt. Als Resultat seiner Untersuchungen kommt er zu dem Schluß, daß

„bei der orthopädischen Behandlung des engen Oberkiefers und des hohen Gaumens auch die über und neben dem os maxillae gelegenen Knochen des Gesichtsschädels beeinflußt werden können. Und zwar haben wir eine Senkung und Abflachung des hohen Gaumendaches feststellen können, wobei gleichzeitig die Nasenhöhle nach unten und seitwärts erweitert wurde. Es gelang uns bei einer Patientin im Alter von 16 Jahren eine vorhandene Septumverbiegung auf orthopädischem Wege zu beseitigen. Ferner trat eine Vergrößerung des knöchernen Naseneinganges und des Nasenausganges ein."

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Cieszynski, indem er schreibt:

„Eine ausgiebige Regulierung der Zahnelemente des Kauapparates zieht auch einen Umbau des gesamten Kiefergerüstes nach sich." — „Bei der Dehnung des Gaumens bei der Kieferkompression kommt es zu einer Abflachung des Gaumens, Vergrößerung des mittleren Nasenganges in vertikaler und transversaler Richtung."

Eine in der Vorkriegszeit weitverbreitete Methode zur Erweiterung des Zahnbogens und insbesondere der Nasenhöhle ist die Gaumennahtsprengung. In letzter Zeit hat Benedetto Mela erneut auf die Möglichkeiten hingewiesen, die durch eine Gaumennahtsprengung gegeben sind. Mela betrachtet diese Frage vorwiegend vom Gesichtspunkt der Laryngologen aus. Allerdings sei eine Erweiterung des Lumens der Nasenhöhle in der Kindheit mit langwierigen und sorgfältigen Behandlungen auch möglich. — „Wenn man aber die Absicht hat, den ganzen Kieferknochen zu beeinflussen, um das Lumen der Nasenhöhle zu erweitern, besonders wenn es sich um Personen in jugendlichem

Alter handelt, dann ist die einzige Methode, welche den Erfolg gewährleistet, die Sprengung der Gaumennaht." Die von Mela verwendete Apparatur besteht aus einer Doppelschraube, die jederseits mittels eines oder zweier Ringe an den Seitenzähnen verankert wird. Die Sprengung der Gaumennaht ist durchschnittlich in 7—12 Tagen erreicht. In einer Retentionszeit von etwa 3 Monaten ist den Knochen Gelegenheit gegeben, die Öffnung, die sich durch die Sprengung der Naht gebildet hat, durch Neubildung wieder auszufüllen. Mela hält die Gaumennahtsprengung für besonders geeignet, wenn die laryngologische Behandlung infolge allgemein ungünstiger Verhältnisse keinen Erfolg bringen könne. Gerade in diesen Fällen soll eine auffallende Verbesserung der Nasenatmung erreicht werden. Nach den Beobachtungen Melas schließt sich das auftretende Diastema relativ rasch von selbst. Auch gibt er an, daß „die gefürchtete Komplikation, daß der Spalt der Gaumennaht nicht mehr zusammenwachse, niemals vorgekommen ist", ... „obwohl in manchen Fällen der Spalt fast 1 cm betrug". Eigene Erfahrungen und Untersuchungen lassen Mela zu dem Resumé kommen: „Die orthopädische maxillofaciale Behandlung durch Sprengung der Gaumennaht bietet absolut keine Gefahr, und ist, wenn fachmäßig durchgeführt, auch vollkommen schmerzlos. Sie müßte daher in der Praxis mehr verbreitet werden, und zwar in allen jenen Fällen, in welchen die Nasenatmung durch eine abnorme Schmalheit der Nasenhöhlen behindert ist."

Auch Ziebe hat sich mit der Mechanik der Gaumennahtsprengung befaßt und kommt auf Grund von experimentellen Versuchen an Hunden zu dem Schluß, daß nur schwache Kräfte zur Anwendung kommen dürfen.

Herbst empfiehlt die Sprengung der Gaumennaht als eine vereinfachte Behandlung einer „Prognathie".

Huet verweist die Gaumennahtsprengung vorwiegend in das Gebiet der Prophylaxe der Kompressionsanomalien.

Eine völlige Klarheit über den genannten Fragenkomplex, inwieweit der Alveolarfortsatz, apikale Basis, Kieferkörper und die weitere Umgebung sich durch orthodontische Maßnahmen beeinflussen lassen, besteht noch nicht. Doch dürften in nicht allzu langer Zeit auch hierüber exakte wissenschaftliche Ergebnisse vorliegen. Denn die heute hochentwickelte Fernröntgentechnik er-

laubt eine genaue meßbare Wiedergabe dieser sonst äußerst schwer zugänglichen Gebiete, und nur eine exakte Wiedergabe kann Grundlage einer einwandfreien wissenschaftlichen Beurteilung sein.

II. Eigene Untersuchungen über die orthodontischen Zahnbewegungen.

Aufgabe und Material.

Meine Aufgabe bestand darin, an praktischen Fällen die Wirkungsweise der verschiedenen orthodontischen Apparate zu untersuchen. Insbesondere sollte ich feststellen, inwieweit ein Unterschied in der Auswirkung der verschiedenen Apparatetypen nach verschieden langer Behandlungszeit vorhanden ist. Außerdem sollte die Größe und Art der Veränderungen im Mittelgesicht untersucht werden, die durch die Bewegung der Zähne mit den verschiedenen Apparaturen erreicht werden konnten. Die nötigen Unterlagen zu dieser letzteren Untersuchung liegen bereits vor. Die Ergebnisse sollen in einer späteren Arbeit Veröffentlichung finden.

Aus dem Patientenmaterial der orthodontischen Abteilung der Universitäts-Zahn-, Mund- und Kieferklinik in Bonn standen mir für die Durchführung der Untersuchungen 11 Fälle zur Verfügung, und zwar 4 Mädchen und 7 Knaben im Alter von 10—16 Jahren. Zur Behandlung kamen folgende Krankheitsbilder:

a) Kieferkompression mit frontalem Engstand bei Neutralbiß (1 Fall),
b) Kieferkompression mit frontalem Engstand bei Distalbiß um eine Prämolarenbreite (3 Fälle),
c) Kieferkompression mit engstehender Protrusion bei Distalbiß um 1/3—1 Prämolarenbreite (5 Fälle),
d) Kieferkompression mit lückiger Protrusion bei Distalbiß um eine Prämolarenbreite (2 Fälle).

Von den Fällen wurden Gebißebenenmodelle nach Gipsabdrücken und nach Abdrücken mit plastischer Masse, für einzelne Fälle außerdem Gnathostatmodelle hergestellt. Zur Erweiterung der Unterlage dienten die Profil- und Frontaufnahmen

des Gesichts, sowie ein Röntgenstatus. Weiterhin wurde von jedem Fall eine Front- bzw. Profil-Fernröntgenaufnahme gemacht. Nach Abschluß der gewünschten Umformungen wurde zur Untersuchung der Veränderungen von jedem Patienten dasselbe Untersuchungsmaterial nochmals genommen.

Zur Orientierung bei den Fernröntgen-Frontaufnahmen stand kein besonderes Einstellgerät zur Verfügung. Der Kopf des Patienten wurde durch einfaches Visieren so ausgerichtet, daß der Zentralstrahl senkrecht zur Orbitalebene durch die Frankfurter Horizontalebene ging. Der Aufnahmeabstand betrug dabei 1,60 m.

Die Profil-Fernröntgenaufnahmen wurden nach dem Verfahren und unter Verwendung des Einstellgerätes nach K o r k h a u s aufgenommen. Der Aufnahmeabstand betrug hierbei 4,0 m.

Auf die Fernröntgenaufnahmen ist in dieser Arbeit besonderes Gewicht gelegt worden, da sie ein eingehendes Studium der Zahnbewegungen, die sich durch die Behandlungen ergeben haben, ermöglichen. Insbesondere konnten durch spezielle Vorrichtungen, auf die in den entsprechenden Abschnitten jeweils näher eingegangen wird, Veränderungen der Längsachsenrichtungen der Zähne und der Gaumenbögen aufgezeigt werden.

Auf die Art der Behandlung der einzelnen Fälle wird in jedem Abschnitt der praktischen Untersuchung näher eingegangen.

1. Die orthodontische Kippbewegung.

Die Untersuchungen hinsichtlich der orthodontischen Kippbewegung betreffen in erster Linie die Bestimmung der Lage des Drehpunktes. Besondere Beachtung wurde dabei den verschiedensten Faktoren, die die Lage des Drehpunktes beeinflussen können, zugewandt.

Von den vier zur Untersuchung der Kippbewegung zur Verfügung stehenden Fällen wurde bei je zwei Fällen eine Retrusionsbewegung der oberen Frontzähne und eine Aufrichtung von in eine Lücke gekippten Zähnen vorgenommen.

Die teilweise noch herrschende Unklarheit über das Wesen der Kippbewegung lassen es angezeigt erscheinen, nochmals hier Zweck und Wert dieser Untersuchung herauszustellen. Denn es

liegt auf der Hand, daß je nach den vorhandenen Umständen sich bei der Durchführung einer Kippbewegung voneinander verschiedene Ergebnisse zeigen werden, deren Ursachen dem Orthodonten in der Theorie vertraut sein sollten, ehe er diese Aufgaben praktisch zu vollziehen sucht.

Ohne Zweifel dürfte es von Interesse sein, Anhaltspunkte darüber zu haben, inwieweit nach einer Retrusionsbewegung der Oberkieferfront Veränderungen in der weiteren Umgebung des Zahnes, insbesondere eine Nachentwicklung der apikalen Basis unmittelbar nach Abschluß der Behandlung festzustellen sind.

Die Untersuchung der Retrusionsbewegung basiert auf der Behandlung zweier Fälle von Kieferkompression mit lückiger bzw. engstehender Protrusion bei Distalbiß.

Beschreibung und Auswertung der behandelten Fälle.

1. Fall: Hildegard D., 16 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit lückiger Protrusion bei Distalbiß um eine Prämolarenbreite.

Art und Verlauf der Behandlung: Auf Grund des Behandlungsplanes wurde zunächst eine bilaterale, symmetrische Expansion mittels des Lingualbogens und zweier Expansionsfederchen durchgeführt und am 29. 4. 1938 eine Retentionsplatte mit frontaler Schlinge (Material: Wipla 0,7 mm) eingesetzt. Nach einer Gewöhnungszeit von einigen Tagen wurde die Retrusionsbewegung von 2 1 / 1 2 eingeleitet. Zu diesem Zwecke wurde die Schlinge 1 mm aktiviert durch Einbiegung der seitlichen V-Schlingen, und von dem den Lingualflächen der Zähne anliegenden Teil der Platte entsprechend weggefräst. Die Aktivierungen erfolgten jeweils alle 3½ Wochen, und die Retrusionsbewegung war am 29. 7. 1938 beendet.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse. S. I. = 32,0.

Aus der Tabelle 1 geht hervor, daß eine Retrusionsbewegung der 1/1 von 4 mm durchgeführt wurde in der Zeit von 3 Monaten. Durch diese Bewegung ist gleichzeitig auch eine Verlängerung dieser Zähne in Bezug auf die Kauebene von ca. 1,0 mm eingetreten.

Tabelle 1.

Meßstrecken	Soll-Werte nach modifiz. Pont-Index	Modell I	Modell II	Veränderungen
transversale:				
4/ : /4	37,5	33,0	37,5	4,5
6/ : /6	49,0	43,0	46,5	3,5
4/ : R	18,75	16,5	18,75	2,25
R : /4	18,75	16,5	18,75	2,25
6/ : R	24,5	21,5	23,25	1,75
R : /6	24,5	21,5	23,25	1,75
sagittale:				
LO	18,5	22,0	18,0	4,0
vertikale:				
Kauebene		Verkürz. ca. 1,5	Verkürz. ca. 0,5	ca. 1,0
Incisalkante 1/1		bilateral symm. alveolär	bilateral symm. alveolär	

b) Profilanalyse.

Die Profilaufnahmen wurden nach der in Bonn gebräuchlichen Methode ausgewertet.

Tabelle 2.

Profilteile	Lage zur Profil-Senkrechte: Aufnahme I	Aufnahme II	Veränderung
Subnasale	wenig vor	wenig zurück	geringe Rückverlager.
Oberlippe	etwas vor	wenig zurück	etwas stärkere Rückverlagerung
Unterlippe	weit zurück	weniger weit zurück	geringe Vorverlager.
Supramentalfalte	weit zurück	weit zurück	keine
Lippentreppe	negativ	wenig negativ	sichtbarer Ausgleich

Der zeitliche Abstand von 9 Monaten zwischen Aufnahme I und II läßt es angezeigt erscheinen, nur die größeren Veränderungen des Profils auf die orthodontische Behandlung selbst zu-

rückzuführen, da kleinere Veränderungen dem allgemeinen Wachstum zuzuschreiben sind.

Die auf Grund der Retrusionsbewegung von 1/1 eingetretenen Veränderungen betreffen obiger Tabelle nach vorwiegend Subnasale und Oberlippe, bei denen eine mäßige, jedoch die Mundpartie wesentlich verändernde Rückverlagerung festzustellen ist.

Die Vorverlagerung der Unterlippe beruht darauf, daß sie sich vor der Behandlung an den Lingualflächen der protrudierten 1/1 verfangen hatte und nach der Retrusionsbewegung auf die Labialflächen der 1/1 gleiten konnte. Diese Vorverlagerung ist mitbeteiligt am Ausgleich der Mundpartie.

c) Analyse der Profil-Fernröntgenaufnahmen (nach Korkhaus).

Als Grundlage dieser Auswertung wurde die Schnittlinie der Frankfurter-Horizontalebene (FHE), bestimmt durch den Bitragialpunkt und den tiefsten Punkt des knöchernen linken Orbitalrandes (or), und die Nasionebene (NE), die auf der FHE senkrecht steht und durch das knöcherne Nasion (n) verläuft, verwendet. Alle Knochen- und Weichteilveränderungen in sagittaler Richtung wurden zur NE, die Veränderungen in vertikaler Richtung zur FHE in Beziehung gesetzt. Ausgenommen davon sind der Incisalpunkt und der Apikalpunkt der 1/1, deren Veränderung von der Oberkieferbasisebene (OBE) aus bestimmt wurde, die durch Nasospinale (ns) und spina nas. post. (snp) festgelegt ist.

Weiterhin wurde zur Untersuchung der Ganzprofilwinkel, der von Nasion—Prosthion und Prosthion—Parallele zur FHE gebildet wird, herangezogen und als Winkel 1 bezeichnet. Als weiterer Winkel wurde der alveoläre Profilwinkel 3 benutzt, der durch die Strecken Nasospinale—Prosthion und Prosthion—Parallele zur FHE gebildet wird.

Zur Auswertung selbst wurde jede Röntgenaufnahme auf ein Blatt durchsichtiges Millimeterpapier so durchgezeichnet, daß die FHE und die NE sich deckten. Dadurch konnte die Größe sämtlicher Lageveränderungen aller Knochen- und Hautpunkte direkt abgelesen werden.

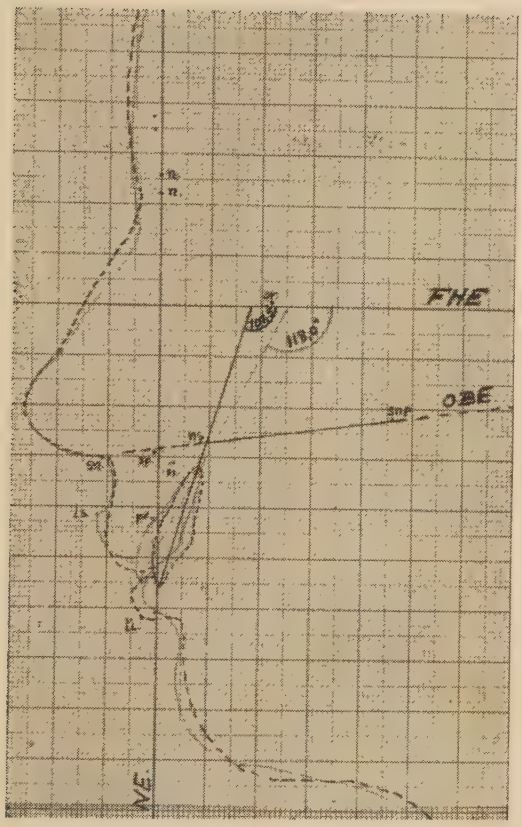


Diagramm 1.
I _____
II

Tabelle 3a (nach Diagramm 1).

Lage der Knochenpunkte und der Weichteilpunkte zur Nasionebene und Frankfurter Horizontalebene in mm

	Nasion-Ebene			FH-Ebene		
	I	II	Veränder.	I	II	Veränder.
Knochenpunkte:						
Nasospinale	8,0 h.	8,0 h.	0,0	27,5	27,5	0,0
Spin. nas. post.	46,0 h.	46,0 h.	0,0	22,0	22,0	0,0
Spinalpunkt	1,0 v.	1,0	0,0	29.0	29,0	0,0
Subspinale	2,5 h.	3,0 h.	0,5	31,5	31,0	—0,5
Prosthion	1,0 v.	1,0 h.	2,0	42,5	42,5	+0,5
Weichteilpunkte:						
Subnasale	11,0 v.	10,0 v.	1,0	30,0	30,0	0,0
Labrale sup.	12,0 v.	10,0 v.	—2,0	41 5	42,5	1,0
Labrale inf.	0,5 v.	2,5 v.	+2,0	61,0	62,0	1,0

Ein Vergleich der Fernröntgenaufnahmen I und II läßt erkennen, daß die Punkte ns und snp, d. h. die Größe der OBE unverändert geblieben sind. Dadurch lassen sich auch die OBE beider Aufnahmen genau zur Deckung bringen. Diese Tatsache darf wohl als Beweis dafür gelten, daß die Aufnahmebedingungen die gleichen sind, und die Resultate der Tabelle als zutreffend angesehen werden können.

Tabelle 3b.

Profilwinkel	I	II	Veränder.
1: Ganzprofilwinkel	89,5°	91,0°	+1,5°
3: alveoläre P.	58,5°	64,5°	+6,0°

Die geringe Rückverlagerung des Subspinalpunktes läßt zwar eine Beeinflussung der weiteren Umgebung des Zahnes vermuten. Da jedoch die Aufnahme II unmittelbar nach Beendigung der Retrusionsbewegung gemacht wurde, sind infolge der naturgemäß in der weiteren Umgebung langsameren Reaktion nur sehr geringe Änderungen zu finden. Anders verhält es sich mit dem Knochengewebe, das mit dem Zahn in nahem Zusammenhang steht. Dies geht aus der Lageveränderung des Prosthions als einem Punkt des Zahnfaches deutlich hervor.

Die Veränderungen der Weichteilpunkte an den Fernröntgenaufnahmen decken sich mit den Ergebnissen aus den Profilaufnahmen. Der Ausgleich der Lippentreppe, wie aus Diagramm 1 besonders deutlich zu ersehen ist, beruht auf einer Rückverlagerung des Labrale superius, verbunden mit einer gleichzeitigen Verlängerung der Oberlippe. Die Unterlippe, die vorher von den protrudierten Zähnen in einer Zwangsrücklage gehalten wurde, ist über die Schneiden der 1/1 hinweggeglitten und liegt nun den Labialflächen dieser Zähne an. Dadurch hat sich die Supramentalfalte etwas verstärkt.

Weitere Veränderungen betreffen die Nasionpunkte, die nach oben verlagert erscheinen, so daß die Nasenhöhe größer geworden ist. In Zusammenhang damit zeigt sich eine geringe Veränderung der Stirnform. Diese Umformungen lassen sich als Wachstumserscheinungen deuten.

Die Vergrößerung des Ganzprofilwinkels erklärt sich daraus, daß die FHE als der eine Schenkel und das Nasion in

der Sagittalen unverändert geblieben sind, während das Prosthion als Scheitelpunkt nach rückwärts abwärts wanderte. Genau so ist auch die Vergrößerung des alveolären Profilwinkels zu erklären.

Zur Bestimmung des Drehpunktes der 1/1 diente die Durchzeichnung der Fernröntgenaufnahmen I und II. Auf dieser stellt sich der Drehpunkt als Schnittpunkt der beiden Längsachsen der 1/1 dar.

Tabelle 4 (nach Diagramm 1 Seite 49).

	I	II	Veränderung
anatomische Wurzellänge	12,6	12,6	0,0
Entfernung Drehpunkt —> Apex	1,6	2,7	+1,1
Entfernung Drehpunkt —> marginaler Alveolenrand	11,0	9,9	1,1
Vertikale Maßstrecken:			
Incisalpunkt —> OBE	26,0	27,0	+1,0
Apikalpunkt —> OBE	5,5	4,5	—1,0
∢ Längsachse 1/1 —> FEH	118,0°	107,5°	+10,5°

Die Auswertung der Tabelle 4 ergibt, daß der Drehpunkt in der Mitte des apikalen Drittels der anatomischen Wurzel liegt. Die Änderung der Verhältnisse Drehpunkt—Apex zu Drehpunkt—marginaler Alveolenrand nach der Retrusionsbewegung zeigt, daß der Drehpunkt während der Kippung sich bewegt, und zwar im vorliegenden Fall nach marginal zu.

Die eingetretene Verlängerung ist mit Rücksicht auf die Lage des Drehpunktes im apikalen Wurzeldrittel nicht in dem Ausmaße erfolgt, wie man hätte erwarten sollen. Das darf darauf zurückgeführt werden, daß die horizontal wirkende Kraft der Schlinge sich infolge der schrägen Achsenrichtung der 1/1 in ihrer Alveole in eine große horizontale und kleine vertikale Komponente aufteilte. Diese wenn auch nur geringe vertikale Kraft verhinderte zu einem Teil die erwartete Verlängerung.

Die auf Diagramm 1 festzustellende Annäherung des Apex an die OBE läßt eine Verkürzung des Zahnes vermuten. Doch liegt die Ursache dieser Annäherung in dem gegenläufigen Wurzelausschlag der 1/1 um ihren Drehpunkt.

Ein Gesamtüberblick über Auswertung der Modelle, der Profilaufnahmen und der Profil-Fernröntgenaufnahmen zeigt bei dem Fall Hildegard D. folgendes:

1. Die Kippachse liegt in der Mitte des apikalen Drittels der anatomischen Wurzel.

2. Die Kippachse wandert während der Retrusionsbewegung nach marginal, was sich aus der Vergrößerung des Abstandes Drehpunkt—Apex schließen läßt.

3. Die erwartete Verlängerung ist nicht im vollen Ausmaß eingetreten, wahrscheinlich wegen einer infolge der schrägen Achsenrichtung der Zähne in ihrer Alveole entstehenden vertikalen Kraftkomponente.

4. Knochenveränderungen in der weiteren Umgebung des Zahnes sind unmittelbar nach Abschluß der Behandlung nicht oder nur in minimalem Ausmaß festzustellen.

5. Weichteilveränderungen nach der Retrusionsbewegung beschränken sich auf eine Rückverlagerung des Subnasale und der Oberlippe. Es zeigt sich eine deutliche Veränderung der Mundpartie im Sinne eines Ausgleichs der Lippentreppe.

2. Fall: Wilfried H., 10 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit engstehender Protrusion bei Distalbiß um eine Prämolarenbreite und Extraktionsfolge im Unterkiefer links.

Art und Verlauf der Behandlung: Die Behandlung wurde in diesem Falle mittels einer Dehnungsplatte mit Schraube nach Nord (Bonner Modifikation) durchgeführt. Die ausklinkbare Schlinge (Material: Wipla 0,7 mm) liegt den Labialflächen der Schneidezähne an. Beim Drehen der Platte tritt nun von selbst eine Abflachung der Schlinge ein, da sich ihre beiden Endpunkte voneinander entfernen. Die Abflachung bedingt also gleichlaufend mit der Dehnung auch eine Retrusion der Front. Doch muß jeweils von dem den Palatinalflächen der Zähne anliegenden Teil der Platte etwas weggefräst werden. Am 5. 11. 1937 erfolgt die erste Aktivierung der Platte durch Umdrehen, das jeweils eine Erweiterung von 0,4 mm ergibt. Die weiteren Aktivierungen geschahen dann im Abstand von 8—10 Tagen. Entsprechendes Wegfräsen am frontalen Teil der Platte gewährleistete die gleichzeitige Retrusionsbewegung der Front.

Die Schlußabdrücke und -unterlagen wurden aus besonderen Gründen bereits vor Beendigung der notwendigen Dehnung gewonnen.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse. S. I. = 35,0.

Tabelle 5.

Meßstrecken	Soll-Werte nach modifiz. Pont-Index	Modell I	Modell II	Veränderungen
transversale:				
(4/ : /4) *	41 2	32,0	39,0	7,0
6/ : /6	54,0	44,0	50,0	6,0
(4/ *) : R	20,6	16,0	19 5	3,5
R : (/4) *	20,6	16,0	19,5	3,5
6/ : R	27.0	22,0	25,0	3,0
R : /6	27,0	22,0	25,0	3,0
sagittale:				
LO	20,0	23,5	21,0	2,5
vertikale:		Verkürz.	Verkürz.	
Kauebene —		ca. 2,5	ca. 1,5	ca. 1,0
Incisalkante 1/1		bilateral symm. alveolär	bilateral symm. alveolär	

Die Tabelle zeigt, daß eine Verbreiterung im Seitenzahngebiet von 7,0 mm mit einer gleichzeitigen Retrusion der Front von 2,5 mm eingetreten ist. Die durch die koronale Retrusionsbewegung erzielte Verlängerung von 1/1 beträgt etwa 1,0 mm.

b) Profilanalyse.

Tabelle 6.

Profilteile	Lage zur Profil-Senkrechten		Veränderung
	Aufnahme I	Aufnahme II	
Subnasale	tangiert	gering zurück	geringe Rückverlagerung
Oberlippe	etwas vor	tangiert	geringe Rückverlagerung
Unterlippe	weit zurück	weit zurück	keine
Supramentalfalte	weit zurück	weit zurück	keine
Lippentreppe	stark negativ	stark negativ	keine feststellbare

* IV/ : /IV

In ähnlicher Weise wie bei dem vorigen Fall Hildegard D. ergibt sich auch hier nur eine geringe Rückverlagerung des Subnasale und der Oberlippe. Eine Veränderung der Lippentreppe sowie der Mundpartie als solcher ist nicht direkt festzustellen, da die Unterlippe sehr kurz ist, und die Rücklagerung der Zähne nicht genügte, um einen unwillkürlichen Lippenschluß zu erreichen. Die bereits eingetretene Besserung ist aber offensichtlich daran zu erkennen, daß die Zähne nicht mehr sichtbar sind.

c) Analyse der Profil-Fernröntgenaufnahmen (nach Korkhaus).

Die Auswertung erfolgte entsprechend Diagramm 1 Seite 49.

Tabelle 7a.

	Nasion-Ebene			FH-Ebene		
	I	II	Veränder.	I	II	Veränd.
Knochenpunkte:						
Nasospinale	4,0 h	4,0 h	0,0	12,5	12,5	0,0
Spin. nas. post.	45,5 h	45.5 h	0,0	18,5	18,5	0,0
Spinalpunkt	5,5 h	5,5 v	0,0	13,5	13,5	0,0
Subspinale	1,0 v	1,0 v	0,0	16,5	16,5	0,0
Prosthion	3,5 v	2,5 v	—1,0	30,5	31,5	+1,0
Weichteilpunkte:						
Subnasale	—	14.0	—	15,5	16,0	+0,5
Labrale sup.	15.5	15,5	0,0	24,5	26,5	+2,0
Labrale inf.	5,0 v	5,5 v	+0,5	46,0	53,0	+7,5

Tabelle 7b.

Profilwinkel	I	II	Veränder.
∢ 1 : Ganzprofilwinkel	87,0°	87,5°	+0,5°
∢ 3 : alveoläre P.	68,0°	72,0°	+4,0°

Die Gegenüberstellung der Fernröntgenaufnahmen I und II ergibt auch für den Fall Wilfried H., daß Nasospinale und Spina nasalis post. und damit die OBE unverändert geblieben

sind. Ebenso ist eine Beeinflussung des Spinalpunktes und in diesem Fall auch des Subspinale nicht feststellbar. Das Prosthion, das in einem unmittelbaren Zusammenhang mit den gekippten Zähnen steht, zeigt eine deutliche wenn auch mäßige Rückverlagerung. Wesentliche Veränderungen der in der Tabelle 7a angeführten Weichteilpunkte waren nicht zu konstatieren. Die Oberlippe zeigt eine nur geringe Rückverlagerung und Verlängerung. Die Unterlippe ist auch in diesem Fall aus ihrer Zwangslage hinter 1/1 etwas nach vorne gekommen. Die geringe Vergrößerung des Nasenvorsprungs erklärt sich aus dem Allgemeinwachstum. Analog dem vorhergehenden Fall ist eine Vergrößerung des Ganzprofilwinkels und des alveolären Profilwinkels eingetreten, deren Ursache bereits geklärt ist.

Bestimmung des Drehpunktes 1/1

Tabelle 8.

	I	II	Veränderung
anatomische Wurzellänge	14,0	14,0	0,0
Entfernung Drehpunkt —> Apex	3,5	4,6	+1,1
Entfernung Drehpunkt —> marginaler Alveolenrand	10,5	9,4	—1,1
Vertikale Meßstrecken:			
Incisalpunkt —> OBE	32,0	32,5	+0,5
Apikalpunkt —> OBE	7,9	6,8	—1,1
∢ Längsachse 1/1 — FHE	121,5°	108,5°	—13,0°

Hinsichtlich der Lage des Drehpunktes ergibt die Tabelle, daß die Kippachse im apikalen Drittel der anatomischen Wurzel, doch nahe dem Übergang zum mittleren Drittel anzunehmen ist. Das Verhältnis der Entfernungen Drehpunkt—Apex bei den Röntgendiagrammen I und II deutet darauf hin, daß der Drehpunkt sich während der Retrusionsbewegung etwas nach marginal zu bewegt hat.

Für die nur mäßig erfolgte Verlängerung der 1/1 gelten dieselben Überlegungen wie bei dem vorhergehenden Fall.

Ein Gesamtüberblick über den Fall Wilfried H. ergibt aus der Auswertung der Modelle, Profilaufnahmen und Profil-Fernröntgenaufnahmen folgendes:

1. Die Kippachse liegt im apikalen Drittel der anatomischen Wurzel unweit vom Übergang vom mittleren zum apikalen Drittel.

2. Der Drehpunkt wandert während der Retrusionsbewegung nach marginal, was daraus hervorgeht, daß der Abstand Drehpunkt—Apex sich vergrößert hat.

3. Die erwartete Verlängerung der 1/1 tritt infolge einer kleinen vertikalen Kraftkomponente nicht in vollem Ausmaße ein.

4. Knochenveränderungen in der weiteren Umgebung des Zahnes sind unmittelbar nach Abschluß der Behandlung nicht festzustellen.

5. Weichteilveränderungen nach der Retrusionsbewegung beschränken sich auf eine Rückverlagerung des Subnasale und der Oberlippe und auf eine Vorverlagerung der Unterlippe.

Ein zusammenfassender Vergleich der Fälle Hildegard D. und Wilfried H. ergibt für die durchgeführte Retrusionsbewegung der 1/1 folgendes:

1. Die Kippachse liegt im apikalen Drittel der anatomischen Wurzel, doch nahe dem Übergang zum mittleren Drittel.

2. Bei Kippbewegungen wandert die Kippachse nach marginal, da der Abstand Drehpunkt—Apex größer wird.

3. Eine Verlängerung der 1/1 kann zum Teil aufgehalten werden durch eine aus Schlingenkraft und Keilform der Zähne entstehende Vertikalkomponente.

4. Lageveränderungen des Prosthions deuten einen mit der Zahnbewegung gleichlaufenden Umbau des Zahnfaches an.

5. Knochenveränderungen in der weiteren Umgebung des Zahnes sind unmittelbar nach Abschluß der Bewegung nicht oder nur in minimalem Ausmaß festzustellen.

6. Weichteilveränderungen hinsichtlich der Lage des Subnasale und der Oberlippenrichtung lassen sich nach Retrusionsbewegungen eindeutig feststellen.

7. Ein Ausgleich der Lippentreppe findet in der Form statt, daß die Unterlippe, aus ihrer Zwangslage hinter den Lingualflächen der oberen Frontzähne befreit, sich über die Incisalkante gleitend nach vorne verlagert.

Die orthodontische Kippbewegung, wie sie sich beim Aufrichten von in eine Lücke gekippten Zähnen ergibt, soll, wie schon oben erwähnt, im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls an Hand zweier behandelter Fälle erläutert werden. Bei diesen Fällen ist auf Modelle, Photos und Profil-Fernröntgenaufnahmen verzichtet worden. Die beste Darstellung der in diesen Fällen auftretenden Veränderungen wird durch extraorale Röntgenaufnahmen, die unter den gleichen Projektionsbedingungen vorgenommen wurden, erreicht sein. Daß tatsächlich die Projektionsverhältnisse gewahrt blieben, zeigt die Tatsache, daß die Durchzeichnungen unveränderter Teile auf den Röntgenaufnahmen sich mit ziemlicher Genauigkeit zur Deckung bringen ließen. Allerdings erhebt dieses Verfahren keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit, doch gibt es, wie sich gezeigt hat, vollkommen ausreichende Vergleichsmöglichkeiten.

3. Fall: Günther W., 14 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit lückiger Protrusion bei Distalbiß um eine Prämolarenbreite. Extraktionsfolge im Unterkiefer links. /6 fehlt.

Die durch frühzeitigen Verlust von /6 entstandene Lücke ist um annähernd 6 mm, wie durch Symmetrievergleich ersichtlich, eingeengt. Die Einengung ist zurückzuführen auf eine Wanderung und Kippung der /7 nach mesial um etwa 3,5 mm und auf eine Distalkippung der /4 und /5 um etwa 2,5 mm.

Auswertung der Röntgenaufnahme I: Die Auswertung geschah in der Weise, daß jeweils der kürzeste Abstand im Kronenteil zwischen zwei Zähnen gemessen wurde. Die gewonnenen Werte sind:

/3 — /7 = 20,5 mm
/3 — /4 = 1,9 mm
/4 — /5 = 0,8 mm

Zur genauen Festlegung der Längsachse der Zähne /345 7 wurden diese auf einer Durchzeichnung wiedergegeben, wie es auch bei dem nächsten Fall geschah.

Art und Verlauf der Behandlung: Die Aufrichtung der in die Lücke gekippten Zähne /4 und /5 stellte nur einen Teil der ganzen orthodontischen Behandlung des Falles dar. Das Ziel war, bei diesen Zähnen den festen Kontakt mit /3 und untereinander wiederherzustellen. Als Apparatur fand ein Lingualbogen in der Stärke von 0,9 mm, von dem aus zwei Zwischenfederchen (Material: Wipla 0,5 mm) die Kraftquelle zur Aufrichtung darstellten, Verwendung. Als Ankerzähne des Lingualbogens dienten /7 und 6/.

Die Apparatur wurde zunächst passiv eingesetzt. Die erste Aktivierung der beiden Zwischenfederchen um je 1 mm geschah am 11. 4. 1938. Die weiteren Aktivierungen erfolgten je in einem Abstand von 3—4 Wochen. Am 3. 6. 1938 — also nach etwa 8 Wochen — war ein fester Kontakt zwischen $\overline{|345}$ erreicht, so daß dieser Behandlungsgang beendet war und die Schlußaufnahme gemacht werden konnte.

Auswertung der Röntgenaufnahme II: Die erfolgten Bewegungen, die wiederum durch den kürzesten Abstand der Zähne im Kronenteil gemessen wurden, sind in der folgenden Tabelle 9 zahlenmäßig zu ersehen und im Vergleich zur Röntgenaufnahme I wiedergegeben.

Tabelle 9.

Kleinster Kronenabstand	I	II	Veränderung
$\overline{\|3}$ — $\overline{\|7}$	20,5 mm	21,0 mm	0,5 mm
$\overline{\|3}$ — $\overline{\|4}$	1,9 „	0,0 „	1,9 „
$\overline{\|4}$ — $\overline{\|5}$	0,8 „	0,0 „	0,8 „
$\overline{\|5}$ — $\overline{\|7}$	3,2 „	6,4 „	3,2 „

Wie aus der Tabelle ersichtlich, hat sich $\overline{|7}$ um 0,5 mm nach distal bewegt, sowie die Krone von $\overline{|4}$ sich um 1,9 mm und die von $\overline{|5}$ um 1,9 + 0,8 = 2,7 mm nach mesial bewegt. Die Lücke von $\overline{|6}$ ist um 3,2 mm größer geworden.

Die Bestimmung des Drehpunktes der aufrichtenden Kippbewegung geschah in der Weise, daß die beiden extraoralen Röntgenaufnahmen I und II mit eingezeichneten Längsachsen der Zähne zur Deckung gebracht wurden. Der Schnittpunkt der Längsachsen von Aufnahme I und II ergab dann direkt die Drehachse. Da sie sowohl bei $\overline{|4}$ als auch bei $\overline{|5}$ innerhalb des Zahnes zu liegen kommt, muß der Apex einen entsprechenden gegenläufigen Ausschlag gemacht haben. Daß dies tatsächlich der Fall ist, läßt sich ohne weiteres daraus erkennen, daß die Abstände der Apices $\overline{|4}$ und $\overline{|5}$ zum Apex des $\overline{|3}$ größer geworden sind.

Ein Beispiel einer derartigen Durchzeichnung findet sich bei der Beschreibung des folgenden Falles Albert K. auf Seite 60.

Die genaue Festlegung des Drehpunktes im Vergleich zur anatomischen Wurzel des Zahnes ergibt:

Tabelle 10.

anatomische Wurzellänge	Entfernung Drehp. - Apex	Entfernung Drehp. - marh. Alveolenrand	Lage des Drehpunktes
/4 14,5	2,0	12,5	im apikalen Drittel der anatom. Wurzel u. zwar unweit von Apex
/5 15,5	2,7	12,8	in der Mitte des apikalen Drittels der anatom. Wurzel

Nach obiger Berechnung der Lage der Kippachsen scheinen diese Variationen zu unterliegen. Diese Differenz in der Lage der Kippachse bei /4 und /5 dürfte wohl ihre Ursache darin haben, daß einmal der /5 stärker gekippt war als der /4, zum anderen auch noch eine größere Strecke bis zur Herstellung des Kontaktes zwischen /3, /4 und /5 zu durchlaufen hatte. Wahrscheinlich wird auch die Wurzelform hier eine gewisse Bedeutung haben. Doch gestatten die vorliegenden Röntgenaufnahmen keine eindeutigen Feststellungen. Die bei der Überdeckung beider Röntgenaufnahmen I und II erkennbare ganz geringe Verschiebung der /7 nach distal ist als reziproke Kraftauswirkung der Zwischenfederchen für /4 und /5 aufzufassen.

4. Fall: Albert K., 12 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit frontalem Engstand bei Neutralbiß, Extraktionsfolge im Unterkiefer links, /6 fehlt.

Die durch frühzeitigen Verlust von /6 entstandene Lücke ist in diesem Falle, wie durch Symmetrievergleich ersichtlich, um annähernd 8 mm eingeengt. Die Einengung ist zurückzuführen auf eine Wanderung und Kippung des /7 nach mesial um 5 mm und auf eine Distalkippung der /4 und /5 um 3 mm.

Auswertung der Röntgenaufnahme I: Die Auswertung geschah analog dem vorhergehenden Fall und ergab

/3 — /7 = 21,6 mm
/3 — /4 = 2,2 mm
/4 — /5 = 0,9 mm

Art und Verlauf der Behandlung: Auch hier waren /4 und /5 aus ihren gekippten Stellungen aufzurichten und in festen Kontakt mit /3

zu bringen. Als Apparatur wurde ein Lingualbogen in der Stärke von 0,9 mm, verankert an $\overline{6}|$ und $|\overline{7}$ und mit zwei Zwischenfederchen (Material: Wipla 0,5 mm) als Kraftquelle verwendet. Die erste Aktivierung der beiden Zwischenfederchen wurde am 7. 4. 1938 vorgenommen und betrug 1 mm. Nach weiteren Aktivierungen in 3—4wöchigen Abständen waren am 13. 6. 1938 — also nach etwa 10 Wochen — die Lücken zwischen $|\overline{34}$ und $|\overline{5}$ geschlossen und fester Kontakt wiederhergestellt.

Auswertung der Röntgenaufnahme II: Die Ausmessung der Röntgenaufnahme II und ihr Vergleich mit der Aufnahme I bei Fall Albert K. ergaben folgende Werte:

Tabelle 11.

Kleinster Kronenabstand	I	II	Veränderung
$\overline{\|3}$ — $\|\overline{7}$	21.6 mm	23,0 mm	1,4 mm
$\|\overline{3}$ — $\|\overline{4}$	2,2 „	0,0 „	2,2 „
$\|\overline{4}$ — $\|\overline{5}$	0,9 „	0,0 „	0,9 „
$\|\overline{5}$ — $\|7$	4,0 „	8,5 „	4,5 „

Die Tabelle zeigt eine Distalbewegung der $|\overline{7}$ von 1,4 mm und eine Mesialbewegung der Kronen von $|\overline{4}$ um 2,2 mm, von $|\overline{5}$ um $2{,}2 + 0{,}9 = 3{,}1$ mm. Die Lücke des $|\overline{6}$ ist um 4,5 mm größer geworden.

Die zur Deckung gebrachten Röntgenaufnahmen I und II, bei denen ebenfalls die Längsachsen eingezeichnet waren, ergaben für die Drehachse folgende Lagen:

Diagramm 2.

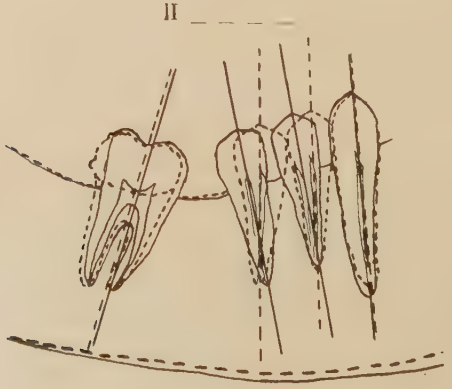


Tabelle 12 (nach Diagramm 2).

anatomische Wurzellänge	Entfernung Drehp. - Apex	Entfernung Drehp. - marg. Alveolenrand	Lage des Drehpunktes
$\overline{/4}$ 15,0	2,5	12,5	in der Mitte des apikalen Drittels der anat. Wurzel
$\overline{/5}$ 15,0	6,0	9.0	im mittl. Drittel der anat. Wurzel nahe am Übergang z. apikal. Drittel

Hinsichtlich der Lage der Kippachsen zeigt der Fall Albert K. einen wesentlichen Unterschied zwischen $\overline{/4}$ und $\overline{/5}$. Die Gründe hierfür dürften einmal in einer wesentlich stärkeren Kippung und der damit verbundenen größeren Bewegung des $\overline{/5}$ gegenüber dem $\overline{/4}$ zu finden sein. Eine weitere Ursache könnte in Verschiedenheiten der Form der Wurzel von $\overline{/4}$ und $\overline{/5}$ liegen; doch geben die extraoralen Röntgenaufnahmen darüber keinen Aufschluß.

Wie im vorigen Fall, ist auch hier eine Parallelverschiebung des $\overline{/7}$ nach distal eingetreten, wohl eine Folge der reziproken Kraft von den Kraftquellen, den beiden Zwischenfederchen.

Ein zusammenfassender Vergleich der Fälle Günther W. und Albert K. gestattet infolge des geringen Materials keine absolute Festlegung der Kippachse für die Aufrichtung von in eine Lücke gekippten Zähnen. Doch darf für ihre Lage angenommen werden:

1. Bei Aufrichtung von in eine Lücke gekippten Zähnen liegt die Kippachse im apikalen Drittel der anatomischen Wurzel.

2. Bei größeren aufrichtenden Bewegungen wandert die Kippachse nach marginal.

Gesamtschlußfolgerungen.

Die orthodontische Kippbewegung, wie sie in den vier beschriebenen Fällen als Retrusionsbewegung der Oberkieferfrontzähne und als Aufrichtung von in eine Lücke gekippten Zähnen durchgeführt wurde, führt zu folgenden Untersuchungsergebnissen:

1. Die Kippachse liegt bei Kippungen innerhalb der anatomischen Wurzel, und zwar vorwiegend in deren apikalem Drittel.

2. Die Kippachse wandert bei größeren Kippbewegungen nach marginal, jedoch im allgemeinen nicht über das apikale Drittel hinaus. Dies zeigt sich dadurch, daß der Abstand Drehpunkt—Apex jeweils sich um eine geringe Strecke vergrößert hat.

3. Die durch die schräge Achsenrichtung der Zähne in ihrer Alveole entstehende Vertikalkomponente bewirkt, daß die bei einer Retrusionsbewegung sich von selbst ergebende Verlängerung nicht in vollem Ausmaße eintritt.

4. Veränderungen des Knochengewebes sind außer in der unmittelbaren Umgebung des Zahnes kurz nach Abschluß der Behandlung nicht feststellbar.

5. Nach der Retrusionsbewegung läßt sich eine Rückverlagerung des Subnasale, der Oberlippe und eine Vorverlagerung der Unterlippe erkennen. Es zeigt sich ein deutlicher Ausgleich der Lippentreppe und Verbesserung des Lippenschlusses.

2. Über die körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung.

Zu Beginn dieser Untersuchung soll nochmals darauf hingewiesen werden, daß nach der Ansicht führender Kieferorthopäden die körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung sich so darstellt, daß zunächst eine ganz geringe Kippung und anschließend eine funktionell bedingte Aufrichtung des Zahnes erfolgt.

Der Zweck dieser Untersuchungen ist ein Versuch, zur Klärung dieses Vorganges beizutragen. Unter anderem war auch festzustellen, welche Faktoren die Kippung und die Aufrichtung zu beeinflussen vermögen. Die einen, wie Dosierung der Kraftgröße und Art des verwendeten Materials, sind vom Orthodonten bestimmbar und müssen daher den anderen, in der Allgemeinkonstitution und dem individuellen Reaktionsgrad gelegenen Faktoren angeglichen werden. Die durchgeführten Behandlungen (Fall Elisabeth S.) zeigen auch, wie die Nichtbeachtung dieses Zusammenspiels sowie die Anwendung grober Kräfte zu unerwünschten Ergebnissen führen können.

Die praktische Untersuchung.

Zur praktischen Durchführung dieser Untersuchungen standen mir fünf Patienten zur Verfügung. Von diesen wurden drei Fälle mit einem Lingualbogen und zwei Expansionsfederchen aus Wipla-Material und ein Fall mit derselben Apparatur aus Edelmetall behandelt. Bei einem Fall fand ein Außenbogen aus Wipla-Material Verwendung.

Von jedem Fall wurden Gebißebenenmodelle vor und nach der Behandlung hergestellt.

Um eine nach Möglichkeit genaue Wiedergabe der Achsenrichtungen der Zähne zu erhalten, wurden diese nach Gipsabdrücken gewonnen. Die Modelle selbst können naturgemäß keinen genauen Aufschluß über die wahre Achsenrichtung des Zahnes ergeben. Zur Messung der Veränderung sind daher Hilfslinien bei Modell I und II angenommen worden, die als Meßtangenten bezeichnet werden sollen, und in dem Diagramm (Seite 66) durch ausgezogene und gestrichelte Linien gekennzeichnet sind. Zu ihrer Bestimmung wurden an der Buccalfläche der 4/4 zwei Punkte auf einer durch die buccale Höckerspitze verlaufenden Senkrechten zur Kauebene gewählt. Der eine Punkt liegt dabei 1,0—1,5 mm von der Höckerspitze entfernt, der zweite in einem nach der Größe der Zahnkrone variierenden Abstand von 5—6 mm. Mittels des Symmetrographen und eines Zusatzgerätes — nach Korkhaus — wurden nun diese Punkte von Modell I und II sowie die Raphe-Medianebene (RME) auf Millimeterpapier übertragen. Die Verbindungslinien der beiden Punkte eines jeden Zahnes bilden mit der RME verschieden große Winkel. Die Größe dieser Winkel ist nicht identisch mit der Zahnachsenrichtung. Doch gibt der aus den Diagrammen ersichtliche Unterschied der Winkel von Meßtangente I — RME und II zur RME die Veränderung der Zahnachsenrichtung wieder.

Weiter ließ sich aus den Diagrammen die Größe der eingetretenen rein körperlichen Bewegung annähernd feststellen. Da jedoch die tatsächliche Größe eines Zahnes, deren Kenntnis zur Errechnung der körperlichen Bewegung nötig ist, nicht mit Sicherheit aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen festgestellt werden kann, so mußten bestimmte Mittelwerte angenommen werden:

1. Nach Sicher und Tandler ist die durchschnittliche Länge eines ersten oberen Prämolaren 21,7 mm, die Höhe seiner Krone 8,7 mm, die Länge der anatomischen Wurzel demnach 13,0 mm.

2. Der Drehpunkt eines Zahnes liegt nach Schwarz und nach eigenen Untersuchungen durchschnittlich ein Drittel der anatomischen Wurzellänge vom Apex entfernt.

3. Für eine mittlere Länge der anatomischen Wurzel von 13,0 mm liegt also der Drehpunkt in einem Abstand von 17,4 mm von der buccalen Höckerspitze.

Auf die Meßtangenten der nicht bewegten Zähne wurden von der mittels des Symmetrographen eingezeichneten Höckerspitze obige Maße übertragen. Auf dieselben Meßtangenten wurden Senkrechte im Drehpunkt errichtet. Diese schneiden die Meßtangente des bewegten Zahnes in einem Punkte. Die Entfernung dieses Punktes von dem Drehpunkt ergibt die erfolgte körperliche Bewegung.

Der in den Diagrammen eingezeichnete Zahn ist rein schematisch, entspricht nicht den wirklichen Verhältnissen, sondern dient nur der besseren Veranschaulichung.

Da nicht die natürliche Länge der Wurzel, sondern Mittelwerte verwandt wurden, so entsprechen die gefundenen Werte nicht absolut genau der Wirklichkeit, geben jedoch ein durchaus wirklichkeitsnahes Bild.

Ergänzende Unterlagen stellen die Front-Fernröntgenaufnahmen dar. Zur besonderen Veranschaulichung der Veränderungen wurden bei diesen Aufnahmen die Prämolaren mit genau passenden Bändern versehen, an die buccal eine vertikale Kanüle angelötet war. Zur Aufnahme selbst wurden dann in die Kanüle genau passende Stifte eingeführt. Die durch diese Stifte festgelegte Achsenrichtung der Zähne wurde bei der Auswertung zur Infraorbitallinie (IOL) in Beziehung gesetzt. Die IOL ist die Verbindung der beiden tiefsten Orbitalpunkte und besonders geeignet hierfür, da sie projektiven Schwankungen nicht ausgesetzt ist. Einheitlich wurde bei allen diesen Front-Fernröntgenaufnahmen der innere Winkel zwischen Verlängerung des Stiftes und IOL gemessen und verglichen. Wie aus dem Verfahren ohne weiteres hervorgeht, sind diese Winkel nicht identisch mit der wahren Zahnrichtung, sondern dienen nur Vergleichszwecken.

Um von der Art und Schnelligkeit der transversalen Veränderungen ein anschauliches Bild zu gewinnen, wurden, soweit möglich, jeden Tag Messungen im Munde des Patienten auf 0,1 mm Genauigkeit vorgenommen.

Die bei $\frac{4}{4}$ durch die Aktivierung der Federchen entstandenen Kräfte wurden durch Belastung mit Gewichtsteinen bei angespanntem Bogen ermittelt.

Beschreibung und Auswertung der behandelten Fälle.

I. Behandlung mit dem Lingualbogen und Expansionsfederchen.

a) Edelmetall (Goldplatin-Legierung, Dimensionen: Hauptbogen 0,9 mm, Expansionsfederchen 0,5 mm).

1. Fall: Kurt H., 13 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit frontalem Engstand bei Distalbiß um eine Prämolarenbreite.

Art und Verlauf der Behandlung: Nach Einsetzen des passiven Lingualbogens wurde dieser zunächst einige Tage im Munde des Patienten belassen, bis sich sämtliche kleinen etwa noch vorhandenen Spannungen ausgeglichen hatten. Am 4. 7. 1938 wurden die beiden Expansionsfederchen durch Ausbiegen am 180°-Knick bei 4/4 um je 1,0 mm aktiviert. Die dadurch erzeugte Kraft war nach eigenen Messungen jederseits etwa 15,0 g. Beide Werte gelten für die Stelle des Expansionsfederchens, wo es den 4/4 anliegt. Der Hauptbogen wurde unverändert belassen. Die einsetzenden Ferien erlaubten erst am 28. 9. 1938 den Fall abzuschließen.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse. S. I. = 34.

Tabelle 13.

Transyersale Meßstrecken	Soll-Werte nach modifiz. Pont-Index	Modell I	Modell II	Veränderung
4/ : /4	40,0	34,0	36,5	2,5
6/ : /6	52,5	46,0	47,0	1,0
4/ : R	20,0	16,5	17.75	1,25
R : /4	20,0	17,5	18,75	1.25
6/ : R	26,25	23,0	23,5	0,5
R : /6	26,25	23,0	23,5	0,5

Aus der Tab. 13 geht hervor, daß die Aktivierung sich rechts und links vollkommen gleichmäßig ausgewirkt hat. Somit ist es auch berechtigt, die Größe der Bewegung jedes ersten Prämolaren ledig-

lich durch Halbierung der im Munde gemessenen Werte festzulegen. Die Untersuchung bei den Gebißebenenmodellen bezüglich der Veränderung der Längsachsenrichtung der 4/4 wurde mittels des Symmetrographen und einer Zusatzvorrichtung (nach Korkhaus) in der Weise, wie in der Einleitung dieses Abschnittes genau beschrieben, durchgeführt. Das folgende Diagramm 3 ist eine mittels dieser Methode gewonnene Darstellung, die bei den folgenden beschriebenen Fällen prinzipiell gleich bleibt, so daß jeweils auf dieses Diagramm als Beispiel hingewiesen werden kann.

Diagramm 3.

I _____

II _ _ _ _

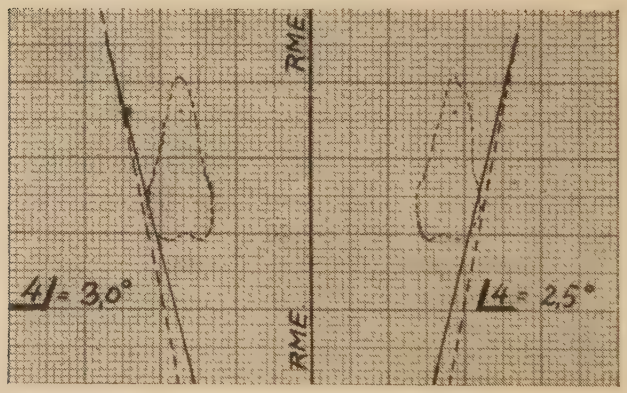


Tabelle 14a (nach Diagramm 3).

Meßpunkte	Modell I			Modell II		
	4/ : /4	4/ : R	R : /4	4/ : /4	4/ : R	R : /4
1) nahe der Kaufläche	40,8	20,4	20,4	43,4	21,7	21,7
2) nahe am Zahnhals	43,8	21,9	21,9	45,9	22,95	22,95

Den aus Tabelle 14a ersichtlichen verschieden großen Bewegungen der Zähne bei Meßpunkt 1 und 2 entsprechen bestimmte Winkel, die in der Tabelle 14b dargestellt sind. Aus meßtechnischen Gründen sind jedoch nicht die direkten Winkel zur RME ausgemessen worden, sondern zu einer Senkrechten zur RME.

Tabelle 14b (nach Diagramm 3).

Winkel	Modell I	Modell II	Veränder.
∢ RME ⟶ 4/	75,5°	78,5°	3,0°
∢ RME ⟶ /4	77,0°	79,5°	2,5°

Wie aus den Tabellen 14a und 14b und Diagramm 3 ersichtlich, haben die 4/4 sowohl mit ihrem mastikalen wie marginalen Teil der Krone eine Expansionsbewegung vollzogen. Das bedeutet also im Verein mit der geringen Winkeländerung von 2,5—3,0°, daß der Schnittpunkt der beiden bereits genannten Meßtangenten oberhalb der Wurzelspitze zu liegen kommt. Die erfolgte Bewegung von 1,25 mm hat sich nach dem hier nicht wiedergegebenen Diagramm aufgeteilt in eine körperliche Bewegung von 0,5 mm und in eine kippende von 3,0° für 4/, von 0,7 mm und 2,5° für /4.

b) Auswertung der Messungen im Munde des Patienten.

Die folgende Tabelle 15 gibt die Messungen bei 4/4 nebst den Daten wieder. Da eine Messung der transversalen Bewegung des einzelnen Prämolaren im Munde nicht durchführbar ist, wurden zur Feststellung der Einzelbewegung die im Munde gemessenen Werte halbiert. Dieses Verfahren ist durch die bei der Modellanalyse sich ergebende symmetrische Expansion durchaus berechtigt. Die Tabelle 15 zeigt jedoch nur einen Ausschnitt der vorgenommenen Expansion, der sich durch die größte Regelmäßigkeit der Messungen auszeichnet. Die Messungen begannen bereits einige Tage vor der Aktivierung, um die tatsächliche Passivität des Bogens und der Federchen beweisen zu können.

Tabelle 15.

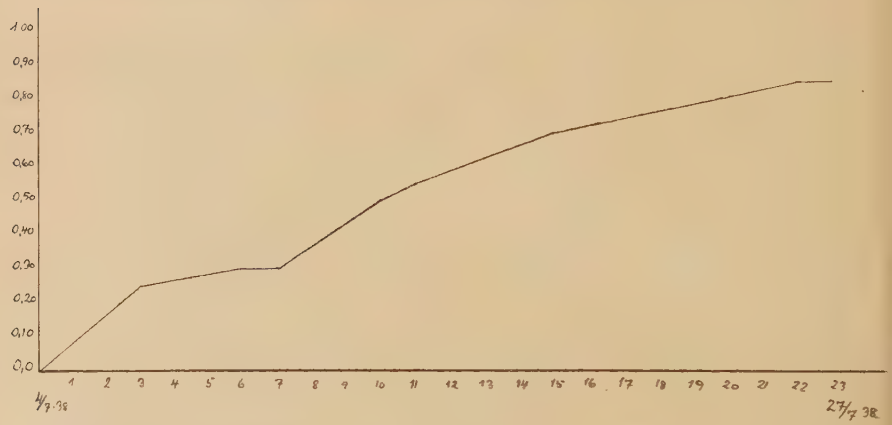
Transversale Meßstrecken	4. 7.	7. 7.	10. 7.	11. 7.	14. 7.	15. 7.	19. 7.	26. 7.	27. 7.	— —	28. 9.
4/ : /4	34,8	35,3	35,4	35,4	35,8	35,9	36,2	36,5	36,5	— —	36,7
4/ : R	17,4	17,65	17,7	17,7	17,9	17,95	18,1	18,25	18,25	— —	18,35
R : /4	17,4	17.65	17,7	17,7	17,9	17,95	18,1	18,25	18,25	— —	18,35

Aus der Tabelle 15 ist ersichtlich, daß die Auswirkung der Federkräfte in sehr zartem Maße aufgetreten ist, was daraus hervorgeht, daß kurz nach der Aktivierung nur geringe und von denen der letzten Tage wenig verschiedene Veränderungen aufgetreten sind.

Eine anschauliche Darstellung von der zarten kontinuierlichen Kraft des Fingerfederchens gibt die Kurve 1 über die Bewegung des ersten Prämolaren während der Zeit vom 4. 7. bis 27. 7.

Kurve 1.

Bewegung des ersten oberen Prämolaren unter dem Einfluß eines Lingualfederchens aus Edelmetall (0,5 mm) mit einer Spannung von 1,0 mm entsprechend einer Kraft von etwa 15 g in der Zeit von 23 Tagen.



Die Kurve 1 läßt auch einen Rückschluß über die allmählich immer mehr abfallende Kraft des Fingerfederchens zu. Denn die Bewegung des Zahnes ergibt einen der Größe dieser Bewegung entsprechenden Kräfteabfall des Federchens. Es ist von der Gesamtkraft von etwa 15 g bei je 4/4 nach drei Tagen eine Restkraft von etwa 10,6 g, nach der ersten Woche von etwa 9,7 g, nach der zweiten Woche von etwa 3,4 g vorhanden. Nach drei Wochen ist die Kraft vollkommen erloschen.

c) Analyse der Front-Fernröntgenaufnahmen.

Messungen der Längsachsenwinkel zur IOL.

Als Beispiel der auf Seite 64 beschriebenen Auswertung der Front-Fernröntgenaufnahmen ist das Diagramm des Falles Kurt

H. wiedergegeben. Da die übrigen entsprechenden Diagramme ähnlich ausfallen, kann von einer Wiedergabe abgesehen und auf das angeführte Diagramm 4 hingewiesen werden.

Diagramm 4.

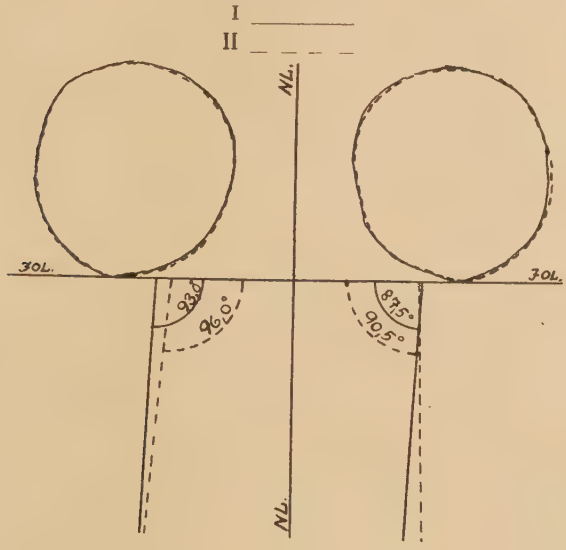


Tabelle 16 (nach Diagramm 4).

Winkel zur IOL	Aufnahme I	Aufnahme II	Veränderung
4/	93,0°	96,0°	3,0°
/4	87,5°	90,5°	3,0°

Die bei der Auswertung der Fern-Röntgenaufnahmen gefundenen Werte decken sich beinahe vollkommen mit denen der Modellanalyse und sind somit eine Bestätigung der dort gefundenen Ergebnisse. Doch ist zu bemerken, daß die angegebenen Winkelgrade keinerlei Bedeutung an sich haben, sondern lediglich über die Größe der Veränderung der Längsachsenrichtungen Aufschluß geben sollen. Dasselbe gilt naturgemäß für alle weiteren Tabellen, die die Veränderung der Längsachsenrichtung der 4/4 veranschaulichen.

Ein Gesamtüberblick über Auswertung der Modelle, der Messungen im Munde und der Front-Fernröntgenaufnahmen ergibt bei Fall Kurt H. folgendes:

1. Die Bewegung der Zähne um 1,25 mm mittels der Lingualfederchen ist trotz der Einpunktsverankerung zu 0,6 mm im Mittel bei 4/4 körperlich.

2. Die Veränderung der Längsachsenrichtung beträgt bei der Bewegung 2,5—3,0°.

3. Die Lingualapparatur aus Edelmetall wirkt mit kontinuierlichen Kräften.

4. Der mit der erfolgten Bewegung der 4/4 gleichlaufende Kräfteabfall geht gleichmäßig vor sich und beträgt nach der ersten Woche etwa 35% der ursprünglichen Kraftgröße.

b) Wipla-Material (Dimensionen: Hauptbogen 0,9 mm, Expansionsfederchen 0,5 mm).

2. Fall: Agnes M., 14 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit frontalem Engstand bei Neutralbiß.

Art und Verlauf der Behandlung: Der Lingualapparat aus Wipla-Material wurde am 6. 7. 1938 passiv eingesetzt und zur Gewöhnung und zum Ausgleich kleinerer Spannungen 8 Tage unverändert im Munde des Patienten belassen. Es erfolgte in dieser Zeit zunächst eine geringe Vergrößerung (von 0,6 mm) des transversalen Abstandes 4/4, der dann in den letzten Tagen konstant 32,0 mm blieb. Die Expansionsfederchen wurden sodann am 13. 7. 1938 durch Ausbiegen am 180°-Knick um 1,0 mm bei den 4/4 jederseits aktiviert. Dieser Aktivierung entspricht nach eigenen Messungen eine Kraft von etwa 40 g je Federchen bei 4/4. Der Hauptbogen selbst wurde nicht aktiviert.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse. S. I. = 32.

Tabelle 17.

Transversale Meßstrecken	Soll-Werte nach modifiz. Pont-Index	Modell I	Modell II	Veränderung
4/ : /4	37,5	31,0	34,0	3,0
6/ : /6	49,0	44,5	45,0	1,0
4/ : R	18,75	15,5	17,0	1,5
R : /4	18,75	15,5	17,0	1,5
6/ : R	24,5	22,5	23,0	0,5
R : /6	24,5	22,5	23,0	0,5

Wie aus Tabelle 17 ersichtlich, ist auch hier die Reaktion der Zähne auf die ausgeübten Kräfte der Expansionsfederchen auf beiden Seiten die gleiche. Aus diesem Grunde kann zur Festlegung der Bewegung des einzelnen Prämolaren jeweils die Hälfte des im Munde gemessenen Wertes benutzt werden.

Die Untersuchung über Veränderungen der Längsachsenrichtungen der 4/4 auf Grund der Gebißebenenmodelle ergibt nach der bereits beschriebenen Methode analog dem Diagramm 3 S. 66 folgendes:

Tabelle 18a.

Meßpunkte	Modell I			Modell II		
	4/ : /4	4/ : R	R : /4	4/ : /4	4/ : R	R : /4
1) nahe der Kaufläche	38,5	19,25	19,25	41,8	20,9	20,9
2) nahe am Zahnhalse	40,7	20,35	20,35	42,5	21,25	21,25

Entsprechende Winkelveränderung zu Tabelle 18a:

Tabelle 18b.

Winkel	Modell I	Modell II	Veränder.
∢ RME ⟶ 4/	80,0°	84,5°	4,5°
∢ RME ⟶ 4/	80,5°	85.5°	5,0°

Die Tabelle 18a zeigt, daß die Bewegung der 4/4 im mastikalen Teil etwas stärker war als im marginalen Teil, so daß eine geringe Kippung resultiert. Die aus Tabelle 18b und dem hier nicht wiedergegebenen Diagramm ersichtliche geringe Längsachsenveränderung verlegt den Drehpunkt jedoch über den Apex hinaus, womit die körperliche Bewegung einen Anteil von rechts 0,8, links 0,7 mm an der Gesamtbewegung des Zahnes hat. Die Kippbewegung beträgt rechts 4,5°, links 5,0°.

b) Auswertung der Messungen im Munde des Patienten.

Die aus der Modellanalyse hervorgehende symmetrische Expansion berechtigt, die durch Messungen im Munde des Pa-

tienten gefundenen Werte zu halbieren, um die Bewegung des Einzelzahnes darzustellen.

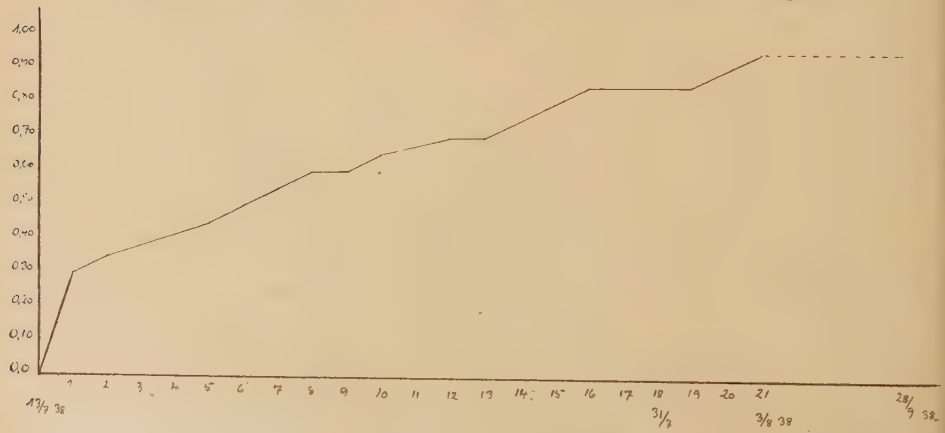
Tabelle 19.

Trasversale Meßstrecken	13. 7.	14. 7.	15. 7.	18. 7.	19. 7.	20. 7.	21. 7.	22. 7.
4/ : /4	32,0	32,6	32,7	32.9	33,0	33,1	33,2	33,2
4/ : R	16,0	16,3	16,35	16,45	16,5	16,55	16,6	16,6
R : /4	16,0	16,3	16,35	16,45	16,5	16,55	16,6	16,6
		23. 7.	25. 7.	26. 7.	29. 7.	1. 8.	3. 8.	
4/ : /4		33,3	33,4	33,4	33,7	33,7	33,9	
4/ : R		16,65	16,7	16,7	16,85	16,85	16,95	
R : /4		16,65	16,7	16,7	16,85	16,85	16,95	

Noch besser als die Tabelle 19 zeigt die Kurve 2 die Auswirkung des aktivierten Fingerfederchens.

Kurve 2.

Bewegung des ersten oberen Prämolaren unter dem Einfluß eines Lingualfederchens aus Wipla-Material (0,5 mm) mit einer Spannung von 1,0 mm entsprechend einer Kraft von etwa 40 g in der Zeit von 21 Tagen.



Aus der Tabelle 19 und der Kurve 2 geht hervor, daß sich bereits nach der ersten Woche die Hälfte der Aktivierung ausgewirkt hatte. Die zweite Hälfte der Bewegung verlief bedeutend

langsamer und benötigte die Zeit von 2 Wochen. Der damit verbundene Kräfteabfall der Fingerfederchen geht in der Weise vor sich, daß sich bei einer Anfangskraft von etwa 40 g je 4/4 nach 3 Tagen eine Restkraft von etwa 24 g, nach 1 Woche von etwa 17 g, nach 2 Wochen von etwa 8 g ergibt. Nach 3 Wochen ist die Kraft gleich Null.

c) Analyse der Front-Fernröntgenaufnahmen.

Messungen der Längsachsenwinkel 4/4 zur IOL.

Das hierzu entsprechende Diagramm zeigt ein ähnliches Bild wie Diagramm 4 Seite 69.

Tabelle 20.

Winkel zur IOL	Aufnahme I	Aufnahme II	Veränderung
4/	92,5°	97,0°	4,5°
/4	89,5°	94,0°	4,5°

Die Auswertung der Front-Fernröntgenaufnahmen zeigt für beide 4/4 den gleichen Winkelausschlag, ein Zeichen, daß die Zähne auf beiden Seiten gleich reagierten. Diese Werte bestätigen auch hier die Ergebnisse der Modellanalyse.

Die Auswertung des Falles Agnes M. läßt die Schlußfolgerung zu:

1. Die Bewegung des Zahnes 4/4 um jederseits 1,5 mm ist zu je 0,75 mm im Mittel körperlich.

2. Die Veränderung der Längsachsenrichtung beträgt 4,5° bis 5°.

3. Die Lingualapparatur aus Wipla-Material wirkt sich kurz nach der Aktivierung etwas stärker aus und dann gleichmäßiger kontinuierlich.

4. Der Kraftabfall der Fingerfederchen ist in der ersten Woche besonders groß, etwa 57% der ursprünglichen Kraftgröße, und geht dann gleichmäßig vor sich.

3. Fall: Hans B., 14 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit frontalem Engstand bei Neutralbiß und Extraktionsfolgen im Unterkiefer rechts und links.

Art und Verlauf der Behandlung: Der Lingualbogen mit den Expansionsfederchen wurde am 26. 4. 1938 eingesetzt und 7 Tage passiv im Munde belassen. Infolge des Ausgleiches geringer Spannungen trat während dieser Zeit eine geringe Expansion von 0,4 mm bei den 4/4 und 0,3 mm bei den 6/6 ein. Nachdem sich in den letzten 5 Tagen keinerlei Veränderungen gezeigt hatten, wurde am 2. 5. 1938 sowohl der Hauptbogen bei 6/6 wie auch die Expansionsfederchen bei 4/4 um je 1 mm aktiviert. Dadurch sind die Expansionsfederchen stärker als üblich gespannt, da sie zu ihrer eigenen Aktivierung von 1,0 mm noch einen Teil (0,6 mm jederseits) von der des Bogens erhielten. Das ergibt für die Expansionsfederchen jederseits eine Kraft von etwa 45 g bei den 4/4. Der Bogen blieb solange im Munde, bis sich die Kräfte des Hauptbogens und der Fingerfederchen ausgewirkt hatten. Danach wurden zur Kontrolle noch etwa 14 Tage lang die transversalen Abstände 4/4 und 6/6 gemessen, die konstante Werte ergaben. Demnach war die Kräfteauswirkung am 20. 6. 1938 beendet.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse. S. I. = 32,0.

Tabelle 21.

Transversale Meßstrecken	Soll-Werte nach modifiz. Pont-Index	Modell I	Modell II	Veränderung
4/ : /4	37,5	31,5	35,0	3,5
6/ : /6	49,0	44,5	46,5	2,0
4/ : R	18,75	15,0	17,0	2,0
R : /4	18,75	16,5	18,0	1,5
6/ : R	24,5	22,0	22,0	0,0
R : /6	24,5	22,5	24,5	2,0

Die Dehnung ist in diesem Falle nicht gleichmäßig vor sich gegangen, sondern der 4/ ist um 2,0 mm, der /4 um 1,5 mm gewandert. Dieses Verhältnis von 2,0 : 1,5 = 4/ : /4 ist bei folgender Tabelle 23 über die Messungen im Munde und bei der Darstellung der entsprechenden Kurve (in der Arbeit nicht wiedergegeben) beibehalten worden.

Die Veränderung der Längsachsen der 4/4, wie sie die Gebißebenenmodelle erkennen lassen, sind:

Tabelle 22a.

Meßpunkte	Modell I			Modell II		
	4/ : /4	4/ : R	R : /4	4/ : /4	4/ : R	R : /4
1) nahe der Kaufläche	39,0	18,75	20,25	42,7	20,86	21 84
2) nahe am Zahnhals	39,0	18,75	20,25	41,7	20,36	21,34

Entsprechende Winkelveränderung zu Tabelle 22a.

Tabelle 22b.

Winkel	Modell I	Modell II	Veränder.
∢ RME ⟶ 4/	90,0°	97,5°	7,5°
∢ RME ⟶ /4	89,0°	90,0°	1,0°

Bei Betrachtung der Tabellen 22a und 22b, die nach einem entsprechenden ähnlichen Diagramm, wie auf Seite 66 angeführt, aufgestellt sind, fällt vor allem der große Unterschied in der Längsachsenrichtung auf. Der /4 hat bei einer Veränderung von nur 1,0° praktisch eine Parallelverschiebung von 1,3 mm bei einer Gesamtbewegung von 1,5 mm durchgemacht. Die große Veränderung in der Längsachsenrichtung des 4/ von 7,5° kann z. T. auf die größere Expansionsbewegung zurückgeführt werden. Doch ist in diesem Falle vielleicht anzunehmen, daß infolge eines einseitigen Höcker-Höckerbiß rechts die aufrichtende Tendenz der Funktion nur sehr schwach sich auswirkte, während auf der linken Seite bei günstigem Höcker-Fissurenbiß sich ausgezeichnete aufrichtende Bedingungen vorfanden. Da der 4/ infolge eines seitlichen Preßstandes eine leichte Neigung nach palatinal hatte, war diese große Veränderung der Längsachsenrichtung von 7,5° sogar erwünscht, weil durch diese Aufrichtung der Zahn in eine funktionell günstigere Achsenrichtung gebracht wurde. Wie die Messungen zeigen, ist aber auch beim 4/ immer noch eine körperliche Bewegung von 0,8 mm festzustellen, da trotz des verhältnismäßig großen Winkelausschlages der Drehpunkt infolge der größeren Expansionsbewegung von 2,0 mm noch über dem Apex liegt.

b) Auswertung der Messungen im Munde des Patienten.

Die Werte für die Bewegungen der 4/4 sind im Verhältnis 2,0 : 1,5 = 4/ : /4 wiedergegeben, d. h.: entsprechend der asymmetrischen Expansion von 2,0 mm 4/ : R und 1,5 mm R : /4, wie sich an den Schlußmodellen herausstellte, ist angenommen, daß sich die ganze Expansionsbewegung gleichmäßig in diesem Verhältnis 2,0 : 1,5 vollzogen hat. Es sind also in der Tabelle 23 die im Munde gemessenen Auswirkungen alle im Verhältnis 2,0 : 1,5 geteilt worden, und der größere Wert jeweils zur rechten Seite, wo sich die stärkere Expansionsbewegung zeigte, hinzugerechnet worden.

Tabelle 23.

Transversale Meßstrecken	2. 5.	3. 4.	4. 5.	6. 5.	7. 5.	9. 5.	10. 5.	12. 5.	13. 5.
4/ : /4	31,70	32,6	32,6	32.9	33,1	33,3	33,3	33,4	33,5
4/ : R	15,11	15,62	15 62	15,79	15,90	16,02	16,02	16,08	16,14
R : /4	16,59	16,98	16,98	17,11	17,20	17,28	17,28	17,32	17,36
	16. 5.	17. 5.	19. 5.	20. 5.	23. 5.	30. 5.	31. 5.	1. 6.	13. 6.
4/ : /4	33,7	33,7	33,7	33,8	33,9	34,5	34,6	34,6	34,7
4/ : R	16,25	16,25	16,25	16,31	16,37	16,71	16,77	16,77	16,83
R : /4	17,45	17,45	17,45	17,49	17,53	17,79	17,83	17,83	17,87
			14. 6.	20. 6.	—	—	7. 7.		
4/ : /4			34,8	34,9	—	—	34,9		
4/ : R			16,89	16,94	—	—	16,94		
R : /4			17,91	17,96	—	—	17,96		

Infolge der asymmetrischen Expansionsbewegung bei den 4/4 ergeben sich natürlich auch zwei verschiedene Kurven für 4/ und /4, da der 4/ in der gleichen Zeit eine größere Strecke zurückgelegt hat.

Die Kurven lassen deutlich erkennen, wie in den ersten 4—5 Tagen eine starke unregelmäßige Bewegung der 4/4 eintritt. Allerdings war auch die bei den 4/4 sich auswirkende Kraft

größer als üblich, da sowohl die Expansionsfederchen wie auch der Hauptbogen je 1,0 mm aktiviert wurden. Nach einem anfänglichen kräftigen „Schub" zeigte sich dann ein gleichmäßiges, kontinuierliches Weiterlaufen der Bewegung bis zur Passivität von Expansionsfederchen und Bogen.

Der diesen Bewegungen der Zähne entsprechende Kräfteabfall der Anfangskraft von etwa 45 g bei je 4/4 ergibt eine Restkraft nach 8 Tagen von etwa 30,5 g, nach 1 Woche von etwa 22,5 g, nach 2 Wochen von etwa 17,0 g und nach 4 Wochen von etwa 6,0 g. Nach 7 Wochen war keinerlei Restkraft mehr vorhanden.

c) Analyse der Front-Fernröntgenaufnahmen.

Messungen der Längsachsenwinkel 4/4 zur IOL.

Tabelle 24.

Winkel zur IOL	Aufnahme I	Aufnahme II	Veränderung
4/	86,0°	94,0°	8,0°
4,	95,0°	96,0°	1,0°

Die Auswertung der Front-Fernröntgenaufnahmen bestätigt das Ergebnis aus der Modellanalyse. Ferner zeigt die Röntgenaufnahme selbst in deutlicher Weise die anfänglich bestehende palatinale Kippung von 4/ und die erfolgte Aufrichtung nach der Dehnung, so daß bei Abschluß der Bewegung die Achsenneigung der 4/4 etwa gleich ist.

Der Fall Hans B. gestattet also die Schlußfolgerungen:

1. Der funktionell günstige Höcker-Fissurenbiß hat eine fast parallele Zahnverschiebung von 1,3 mm bei einer Bewegung mittels Lingualfederchen von 1,5 mm ermöglicht.

2. Ein palatinal gekippter Zahn wird sowohl in eine funktionell günstige Achsenstellung gebracht, als auch bei weiterer Buccalbewegung körperlich beeinflußt.

3. Die Lingualapparatur aus Wipla wirkt sich kurz nach der Aktivierung verhältnismäßig stark und nach Verlauf von 5 bis 6 Tagen weiterhin gleichmäßiger und kontinuierlich aus.

4. In der ersten Woche nach der Aktivierung ergibt sich ent-

sprechend der Bewegung von $\underline{4}\ \underline{4}$ ein Kräfteabfall von etwa 50% der ursprünglichen Kraftgröße. In den folgenden Wochen ist der Kräfteabfall gleichmäßig.

4. Fall: Elisabeth S., 13 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit engstehender Protrusion bei Distalbiß um eine halbe Prämolarenbreite.

Art und Verlauf der Behandlung: Die Lingualapparatur wurde am 25. 2. 1938 passiv eingesetzt. Die erste Aktivierung geschah am 7. 3. 1938 durch Ausbiegen der zwei Expansionsfederchen am 180°-Knick um 1,0 mm jederseits bei $\underline{4}/\underline{4}$ Der Hauptbogen wurde erst bei der zweiten Aktivierung am 7. 4. 1938 um 1 mm jederseits bei $\underline{6}/\underline{6}$ aktiviert, wie auch die beiden Expansionsfederchen für sich um je 1,0 mm. Das ergibt also eine Gesamtaktivierung dieser von 1,0 + 0,35 mm aus der Aktivierung des Hauptbogens. Nachdem am 25. 4. 1938 der Bogen und die Expansionsfederchen passiv lagen, was sich aus den Messungen im Munde ergeben hatte, wurde der Bogen sowie die Expansionsfederchen zum dritten Mal um je 1,0 mm aktiviert. Die bei den $\underline{4}/\underline{4}$ sich auswirkenden Kräfte der Expansionsfederchen betrugen nach meinen Messungen etwa 30 g auf jeder Seite bei $\underline{4}/\underline{4}$. Dazu kommen noch die Kräfte, die das Federchen durch die zusätzliche Aktivierung des Bogens erhält, sodaß die Federchen einen Gesamtdruck von etwa 40 g auf jeden ersten Prämolaren ausüben. Die Kräfte von Bogen und Expansionsfederchen wirkten sich in der Zeit vom 24. 4. bis 2. 6. 1938 aus, wo der Bogen und die Expansionsfederchen dann passiv lagen.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse.

S. I. = 33,0.

Tabelle 25.

Transversale Meßstrecken	Soll-Wert nach modifiz. Pont-Index	Modell I	Modell II	Veränderung
$\underline{4}/ : /\underline{4}$	39,0	33,0	39,5	6.5
$\underline{6}/ : /\underline{6}$	51,0	41,0	46,5	5,5
$\underline{4}/ : \underline{R}$	19,5	16,5	19,0	2,5
$\underline{R} : /\underline{4}$	19,5	16,5	20,5	4,0
$\underline{6}/ : \underline{R}$	25,5	20,5	22,75	2,25
$\underline{R} : /\underline{6}$	25,5	20,5	22,75	2,25

Es zeigt sich eine vorwiegend links eingetretene Expansionsbewegung. Die Betrachtung der Verzahnung läßt erkennen, daß auf beiden Seiten ungünstige Verhältnisse in Form eines Höcker-Höckerbiß vorliegen, die auf der linken Seite besonders ausgeprägt in Erscheinung treten. Darin kann wohl eine Ursache der asymmetrischen Expansion gesehen werden.

Die Gebißebenenmodelle zeigen hinsichtlich der Längsachsenrichtungen von 4/4 folgende Veränderungen.

Tabelle 26a.

Meßpunkte	Modell I			Modell II		
	4/ : /4	4/ : R	R : /4	4/ : /4	4/ : R	R : /4
1) nahe der Kaufläche	39,7	19,85	19,85	46,5	22,42	24,08
2) nahe am Zahnhals	40,9	20,45	20,45	45,2	21,84	23,36

Entsprechende Winkelveränderung zu Tabelle 26a.

Tabelle 26b.

Winkel	Modell I	Modell II	Veränder.
∢ RME ⟶ 4/	87,0°	99,5°	12,5°
∢ RME ⟶ /4	83,0°	95,0°	12,0°

Die Veränderung der Längsachsenrichtung ist, obwohl sich die Expansion asymmetrisch auswirkte, bei 4/4 in gleicher Größe aufgetreten und gegenüber den anderen Fällen im großen Ausmaß. Doch muß berücksichtigt werden, daß die große Dehnung von 6,5 mm in verhältnismäßig kurzer Zeit und unter Anwendung zu großer Kräfte geschah und den in ungünstiger Höcker-Höckerverzahnung stehenden Zähnen nicht genügend Zeit zur Aufrichtung blieb. Der Schnittpunkt der beiden Meßtangenten /4 auf dem zugehörigen, hier nicht wiedergegebenen Diagramm liegt etwas über dem Drehpunkt, der für 4/ unter dem Drehpunkt. Das ergibt für 4/ eine reine Kippbewegung von 12,5°, für /4 eine Kippbewegung von 12,0° und eine körperliche Bewegung von 1,4 mm bei einer Bewegung des /4 von 4,0 mm.

b) Auswertung der Messungen im Munde des Patienten.

Die Wiedergabe der Auswirkungen, gemessen im Munde des Patienten, ist in der folgenden Tabelle 27 und der zugehörigen Kurve entsprechend der asymmetrischen Dehnung von 4/ : R=2,5 und R : /4 = 4,0, wie der Schlußabdruck zeigt, im Verhältnis 2,5 : 4,0 erfolgt.

Tabelle 27.

Transversale Meßstrecken	25. 4.	26. 4.	27. 4.	28. 4.	29. 4.	30. 4.	2. 5.	3. 5.	4. 5.
4/ : /4	37,3	37,8	38,0	38,3	38,3	38,4	38,4	38,5	38,5
4/ : R	18,16	18 35	18,43	18,55	18,55	18,59	18,59	18.63	18,63
R : /4	19,14	19,45	19,57	19,75	19,75	19,81	19,81	19,87	19,87
	6. 5.	9. 5.	10. 5.	11. 5.	12. 5.	13. 5.	16. 5.	17. 5.	19. 5.
4/ : /4	38,5	38,6	38,8	38,9	38,9	39,0	39,1	39,2	39,2
4/ : R	18,63	18,67	18,75	18,79	18,79	18,83	18,87	18,91	18,91
R : /4	19,87	19,93	20.05	20,11	20.11	20,17	20,23	20,29	20,-9
		20. 5.	23. 5	24. 5.	25. 5.	30. 5.	31. 5	1. 6.	2. 6.
4/ : /4		39,3	39,4	39,5	39,5	39,8	40,0	40,0	40 0
4/ : R		18,95	18,99	19,03	19,03	19,15	19,23	19,23	19,23
R : /4		20,35	20,41	20,47	20.47	25.65	20.77	20.77	20,77

Auch hier ergeben sich, wie in dem vorhergehenden Fall, für 4/ und /4 verschiedene Kurven auf Grund der einseitig größeren Bewegung.

Die Darstellung der Bewegung von 4/4 zeigt wieder ein ähnliches Bild wie bei den vorhergehenden Fällen mit Wipla-Apparaturen. In den ersten 3—4 Tagen tritt eine ziemlich starke Expansionsbewegung auf, die dann gleichmäßiger weiterläuft, bis die Passivität des Bogens und der Expansionsfederchen erreicht ist.

Der Kräfteabfall, der den erfolgten Bewegungen der 4/4 entspricht, ergibt bei einer Anfangskraft von etwa 40 g auf je 4/4 eine

Restkraft von etwa 25 g nach 3 Tagen, von etwa 23,5 g nach 2 Wochen und von etwa 6,0 g nach 4 Wochen. Nach 5 Wochen ist die Restkraft Null.

c) Analyse der Front-Fernröntgenaufnahmen.

Die folgende Tabelle 28 zeigt die Veränderungen der Längsachse von 4/4 zur IOL über eine größere Dehnung hinweg. Es wurde in diesem Falle in der Zeit vom 7. 3.—2. 6. 1938 dreimal aktiviert und eine Vergrößerung des transversalen Abstandes von 4/ zu /4 von 6,5 mm erzielt. Es ist also in verhältnismäßig kurzer Zeit eine große Expansion durchgeführt worden, sodaß von vorneherein eine Veränderung in der Längsachsenrichtung zu erwarten war.

Tabelle 28.

Winkel zur IOL	Aufnahme I	Aufnahme II	Veränderung
4/	90,5°	103,0°	12,5°
/4	93,0°	106,0°	13,0°

Wie vorauszusehen war, ist in diesem Falle die Kippung sehr groß, eine Auswirkung zu grob bemessener Kräfte. Entsprechend der größeren Bewegung ist auch hier eine stärkere Beeinflussung der Längsachsenrichtung des /4 erkennbar.

Für den Fall Elisabeth S. können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

1. Bei Zahnbewegungen mittels Einpunktsverankerung ist auch in Fällen größerer Kippungen aus korrekter Achsenrichtung heraus eine körperliche Bewegung festzustellen.

2. Übermäßig starke Kräfte kippen den Zahn in eine funktionell ungünstige Stellung, so daß seine Aufrichtung verzögert wird.

3. Der Lingualbogen mit Federchen aus Wipla-Material wirkt sich kurz nach der Aktivierung am stärksten aus, um nach 3 bis 4 Tagen ziemlich gleichmäßig abfallende kontinuierliche Kräfte auszuüben.

4. Entsprechend der Bewegung der 4/4 ergibt sich für die erste Woche ein Kräfteabfall von etwa 41% der anfänglichen

Kraftgröße. Anschließend ist der Kräfteabfall gleichmäßig zunehmend.

Die Ergebnisse aus den vier mit Lingualapparatur aus Edelmetall und Wipla-Material behandelten Fällen können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

1. In allen Fällen ist neben der Kippbewegung eine körperliche Bewegung eingetreten, obwohl die Schlußkontrolle sogleich nach Beendigung der Bewegung vorgenommen wurde, den Funktionseinflüssen also keine Zeit zur Aufrichtung gegeben wurde.

2. Die Veränderungen der Längsachsenrichtung sind bei Anwendung richtig dosierter Kräfte nur sehr gering.

3. Palatinal geneigte Zähne werden zunächst aufgerichtet und in eine funktionell günstige Stellung gebracht.

4. Der Höcker-Fissurenbiß begünstigt die Aufrichtung und führt so zu einer körperlichen Bewegung mit Einpunktsverankerung, der Höcker-Höckerbiß nur in geringerem Maße.

5. Der Lingualbogen aus Edelmetall mit seinem verhältnismäßig kleinen Elastizitätsmodul zeigt von Anfang bis zum Schluß seiner Auswirkung gleichmäßig abfallende kontinuierliche Kräfte.

6. Der Lingualbogen aus Wipla-Material mit einem größeren Elastizitätsmodul wirkt sich in den ersten 3—6 Tagen nach der Aktivierung verhältnismäßig stark aus, um dann ebenfalls gleichmäßige kontinuierliche Kräfte auszuüben.

7. Übermäßig große Kräfte erzeugen Kippungen, die zumal bei ungünstiger Verzahnung durch die Funktion nur sehr langsam ausgeglichen werden können.

II. Behandlung mit dem Außenbogen und Ligaturen.

Zur Untersuchung der Auswirkung des Außenbogens mit Ligaturen fand Wipla-Material (Querschnitt 0,8 mm) Verwendung.

5. Fall: Richard W., 13 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit engstehender Protrusion bei Distalbiß um eine halbe Prämolarenbreite. Extraktionsfolge im Unterkiefer.

Art und Verlauf der Behandlung: Der Wipla-Außenbogen wurde am 31. 3. 1938 passiv eingesetzt. Der Bogen ruhte in zwei Horizontalröhrchen an 6/6. Vor diesen ist dem Bogen eine V-förmige Ausbiegung gegeben, die ein Zurückgleiten verhindert und schwächende Lotstellen erübrigt. Im frontalen Teil des Bogens ist entsprechend der Größe des Lippenbändchens ebenfalls eine kleine V-förmige Ausbiegung eingebogen. Die erste Aktivierung erfolgte am 5. 4. 1938 durch Umformung des Bogens in der Eckzahngegend in der Weise, daß die beiden Bogenschenkel nach der Aktivierung 1,0 mm parallel zu ihrer früheren Stellung verliefen. Die dadurch entstandene Verkürzung in der Sagittalen wurde durch Umformen der seitlich eingebogenen V-Schlingen kompensiert. Die Aktivierung erzeugte auf Grund eigener Messungen mit Gewichtssteinen eine Kraft von je etwa 40 g bei den 4/4.

Nach etwa 3 Wochen, am 27. 4. 1938, wurde zum zweiten Male aktiviert, ohne die ganze Auswirkung der ersten Aktivierung erreicht zu haben, wie sich durch Messung erwies. Der Bogen wurde auf jeder Seite um 1,0 mm bei 4/4 gespannt. Somit haben die 4/4 je eine Expansionsbewegung von 1,0 mm + der restlichen 0,35 mm, insgesamt also von 1,35 mm zu machen. Dem entspricht eine Kraft von etwa 50 g. Über die Auswirkung dieser Spannung bis zur dritten Aktivierung gibt die Tabelle 31 genauere Aufschlüsse Die dritte Aktivierung geschah am 24. 5. 1938 wieder um noch je 1,0 mm bei einer Restspannung des Bogens von 0,55 mm. Die Gesamtaktivierung betrug demnach 1,0 + 0,55 = 1,55 mm. Dieser entspricht eine Kraft bei je 4/4 von etwa 55 g. Bei der vierten Aktivierung am 20. 6. 1938 war die noch fehlende Auswirkung auf jeder Seite auf 1,05 mm gestiegen. Die weitere Spannung des Bogens ergab also eine Gesamtaktivierung von 1,0 + 1,05 = 2,05 mm jederseits. Die dabei entstehenden Kräfte betrugen 65 g jederseits bei 4/4. Die notwendige Dehnung bei 4/4 war dann am 21. 7. 1938 erreicht.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse. S. I. = 32,0.

Tabelle 29.

Transversale Meßstrecken	Soll-Werte nach modifiz. Pont-Index	Modell I	Modell II	Veränderung
4/ : /4	37,5	33,0	37,1	4,5
6/ : /6	49,0	45,0	47,5	2,5
4/ : R	18,75	17,5	18,5	1,0
R : /4	18,75	17,5	19,0	3,5
6/ : R	24,5	23,0	23,5	0,5
R : /6	24,5	22,0	24,0	2,0

Die Auswertung der Modelle ergibt, daß sich die Dehnung asymmetrisch vollzogen hat und zwar in der Weise, daß die stärker komprimierte Seite von selbst eine größere Dehnung erfuhr. Der Unterschied in der Auswirkung war derart groß, daß sogar die anfänglich stärker komprimierte Seite nach Abschluß der Expansion um ein geringes die andere Seite überholt hatte. Der Grund hierzu liegt höchstwahrscheinlich in den Verschiedenheiten der Verzahnungsverhältnisse.

Die durch die gesamte Expansion von 4,5 mm eingetretene Änderung der Längsachsenrichtungen der 4/4 an Hand der Gebißebenenmodelle zeigen nachstehende Tabellen 30a und 30b, die nach einem Diagramm analog Diagramm 3 Seite 66 aufgestellt sind.

Tabelle 30a.

Meßpunkte	Modell I			Modell II		
	4/ : /4	4/ : R	R : /4	4/ : /4	4/ : R	R : /4
1) nahe der Kaufläche	40,4	21,2	19,2	45,4	22,4	23,0
2) nahe am Zahnhals	43,2	22,60	20,60	46,7	23,05	23,65

Entsprechende Winkelveränderung zur Tabelle 30a.

Tabelle 30b.

Winkel	Modell I	Modell II	Veränder.
∢ RME ⟶ 4/	73,0°	77,5°	4,5°
∢ RME ⟶ /4	77,0°	83,5°	6,5°

Die Auswertung des Diagrammes nach den Gebißebenenmodellen zeigt, daß die Veränderung der Längsachsenrichtung bei /4 um 2,0° größer ist als bei 4/. Das erklärt sich daraus, daß auf der linken Seite eine um 2,5 mm größere Expansion im 4/4-Gebiet stattgefunden hat. Die Vergrößerung der mastikalen und gingivalen Werte im Zusammenhang mit der Änderung der Längsachsenrichtung zeigt, daß eine vorwiegend körperliche Bewegung stattgefunden hat. Für 4/ ergibt sich nur eine Kippung von 4,5° und

keine körperliche Bewegung, für /4 eine Kippung von 6,5° und eine körperliche Bewegung von 2,2 mm, bei einer Gesamtbewegung des Zahnes von 3,5 mm.

b) Auswertung der Messungen im Munde des Patienten.

Auch dieser Fall zeigt eine verschiedene Reaktion auf die expandierenden Kräfte. Analog dem Ergebnis aus dem Schlußabdruck 4/ : R = 1,0 mm, R : /4 = 3,5 mm nach Abschluß der Umformung sind die Auswirkungen, die sich durch häufige Messungen von 4/ zu /4 im Munde des Patienten ergaben, im Verhältnis 1,0 : 3,5 = 4/ : /4 dargestellt.

Tabelle 31.

Transversale Meßstrecken	27. 4.	29. 4.	30. 4.	2. 5.	3. 5.	5. 5.	10. 5.	11. 5.
4/ : /4	34,7	34,9	34,9	34,9	35,0	35,0	35,2	35,4
4/ : R	17,87	17,92	17,92	17,92	17,94	17,94	17,99	18,04
R : /4	16,83	16,98	16,98	16,98	17,06	17,06	17,21	17,36
			12. 5.	13. 5.	17. 5.	19. 5.	23. 5.	
4/ : /4			35,4	35,5	35,7	35,8	35,8	
4/ : R			18,04	18,06	18,11	18,13	18,13	
R : /4			17,36	17,44	17,59	17,67	17,67	

Die aus den Schlußabdrücken hervorgehende große asymmetrische Auswirkung bedingt ebenfalls wieder je eine Kurve für 4/ und /4.

Kurven wie Tabellen des Falles Richard W. zeigen eine kontinuierliche, gleichmäßige Zahnbewegung. Doch muß dabei berücksichtigt werden, daß in der Zeit von 4 Wochen nur eine sehr kleine Expansion und zwar links von 0,26 mm und rechts von 0,84 mm erreicht wurde. Dies ist um so bemerkenswerter, als die Aktivierung für diese Bewegung von vorneherein stärker als normal gewählt wurde.

Der den erfolgten Bewegungen von 4/4 entsprechende Kräfteabfall bei einer Anfangskraft von etwa 50,0 g ergibt nach 3 Tagen

eine Restkraft von etwa 43,0 g, nach 1 Woche von etwa 40,0 g, nach 2 Wochen von etwa 26,0 g und nach 3 Wochen von etwa 13,0 g. Die Aktivierung des Bogens hat sich also in dieser Zeit nicht voll ausgewirkt. Die noch bestehende Restkraft von etwa 13,0 g entspricht der vorhandenen Spannung des Bogens von 0,55 mm.

c) Analyse der Front-Fernröntgenaufnahme.

Messungen der Längsachsen 4/4 zur IOL.

Tabelle 32.

Winkel zur IOL	Aufnahme I	Aufnahme II	Veränderung
4/	91,0°	95,5°	4,5°
/4	92,5°	98,5°	6,0°

Die Befunde aus den Fernröntgenaufnahmen bestätigen die Ergebnisse der Modellanalyse. Die verhältnismäßig geringe Veränderung der Längsachsenrichtungen, die sich bei dem mit Außenbogen behandelten Fall ergab, darf in diesem Falle nicht allein einer besonders günstigen Wirkung dieser Apparatur zugeschrieben werden. Denn da nur ein einziger Fall zur Verfügung stand, war einmal keine Vergleichsmöglichkeit vorhanden, zum anderen zeigte dieser Fall einseitig eine sehr gute Höcker-Fissurenverzahnung, bedingt durch frühzeitige Extraktion im Unterkiefer. Diese Tatsache, auf die bei vorhergehenden Fällen bereits hingewiesen wurde, begünstigt die Aufrichtungsphase der Zähne in besonderem Maße.

Ein Gesamtüberblick über den mit Wipla-Außenbogen behandelten Fall Richard W. läßt die Schlußfolgerungen zu:

1. Eine körperliche Bewegung mittels des Außenbogens und Ligaturen ist auch ohne körperlichen Kraftangriff möglich.

2. Die Auswirkung des Außenbogens war in dem vorliegenden Falle eine gleichmäßig kontinuierliche, doch eine sehr langsame.

3. Der Kräfteabfall beträgt entsprechend der Bewegung von 4/4 nach einer Woche etwa 20% und erfolgt dann weiterhin gleichmäßig zunehmend.

4. Eine dem Außenbogen gegebene Aktivierung von etwa 50 g hat sich nur zu etwa 74% im Laufe von 26 Tagen ausgewirkt.

III. Schlußfolgerungen.

Die Untersuchung der Fälle, die mit dem Lingualbogen aus Edelmetall und aus Wipla-Material sowie mit dem Außenbogen aus Wipla-Material behandelt wurden, lassen hinsichtlich der körperlichen Bewegung mit Einpunktsverankerung folgendes Urteil zu:

1. Apparaturen mit Einpunktsverankerung gestatten eine körperliche Bewegung.

2. Die mittlere körperliche Bewegung und die mittlere Kippung eines mit dem Lingualfederchen bewegten ersten oberen Prämolaren bei der üblichen Aktivierung von 1,0 mm ist bei den behandelten Fällen 0,54 mm und 2,7°. Der körperliche Anteil an der Gesamtbewegung des Zahnes beträgt demnach 54%.

3. Der Lingualbogen aus Edelmetall, mit dessen geringem Elastizitätsmodul, wirkt mit zarten, gleichmäßig abfallenden kontinuierlichen Kräften.

4. Der Kräfteabfall eines Lingualfederchens aus Edelmetall geht gleichmäßig vor sich und die Anfangskraft von etwa 15 g ist nach der ersten Woche auf etwa 9,7 g, nach der zweiten Woche auf etwa 3,4 g gesunken und nach 3 Wochen vollkommen erloschen.

5. Der Lingualbogen aus Wipla-Material wirkt infolge seines hohen Elastizitätsmoduls anfänglich mit einem kräftigeren „Schub" und dann mit kontinuierlichen, gleichmäßig abfallenden Kräften.

6. Der Kräfteabfall eines Lingualfederchens aus Wipla-Material ist in den ersten Tagen nach der Aktivierung besonders groß. Bei einer ursprünglichen Kraft von etwa 45 g zeigt sich nach der ersten Woche eine Restkraft von etwa 17 g, nach der zweiten Woche von etwa 8,0 g; am Ende der dritten Woche ist die Kraft ganz erloschen.

7. Der Außenbogen aus Wipla-Material wirkt in dem beschriebenen Falle ebenfalls mit kontinuierlichen, gleichmäßig abfallenden Kräften, doch sehr langsam.

8. Bei dem Außenbogen aus Wipla-Material ist der Kräfteabfall ziemlich regelmäßig. Bei einer ursprünglichen Kraft von etwa 50 g betrug in dem beschriebenen Falle die Restkraft nach 1 Woche etwa 40 g, nach 2 Wochen etwa 26 g und nach 3 Wochen etwa 13 g. Der Außenbogen hat sich also innerhalb dieser Zeit nicht voll ausgewirkt.

3. Über die Bewegung von Zähnen mittels der Regulierungsplatte.

Die in letzter Zeit zunehmende Verwendung von Platten zur Dehnung beruht abgesehen von ihrer einfachen Handhabung vor allem darauf, daß ihr ein ganz bestimmtes Indikationsgebiet zugeschrieben wird. Platten sollen nämlich eine im Wechselgebiß sonst schwierig durchführbare Dehnung dadurch ermöglichen, daß sie mit ihren Seitenteilen der Schleimhaut der Alveolarfortsätze anliegen, diese zur Umformung anregen und so indirekt auch die Zähne mitbeeinflussen.

Für den vollbezahnten Kiefer soll die Regulierungsplatte zur Dehnung insonderheit dann indiziert sein, wenn eine Nachentwicklung der apikalen Basis im Seitenzahnbereich erforderlich ist.

Die Wirkungsweise der Regulierungsplatte hat man sich so vorgestellt, daß die Entfernung der beiden Plattenhälften durch Umdrehen einer eingelassenen Schraube sich über die Schleimhaut auf die Alveolarfortsätze auswirke. Man hat dabei angenommen, daß die intermittierende Kraft der Platte zu einem Teil durch die Resilenz der Schleimhaut und durch die Eigenelastizität des Kautschuks übertragen würde. Auf die Zähne selbst soll so nicht allein eine direkte Kraft ausgeübt werden, sondern ihre Bewegung soll gewissermaßen auch indirekt durch Beeinflussung des Alveolarfortsatzes erfolgen.

In diesem Abschnitt soll untersucht werden, wie sich bei der Dehnung mit der Dehnungsplatte die Bewegung der Zähne allein hinsichtlich der Schnelligkeit und der Art der Reaktion, wie auch Veränderungen der Längsachsenrichtung darstellten.

An Patienten standen mir zwei Fälle mit Kieferkompression zur Verfügung. Die Dehnung wurde durchgeführt mit einer Dehnungsplatte nach Nord in der Bonner Modifikation. Die Aktivierung erfolgt durch Umdrehen der eingelassenen Schraube, wodurch eine Verbreiterung der Platte von insgesamt etwa 0,4 mm erzielt wird. Rastenbänder gaben den Klammern festen Halt und sicherten somit den Sitz der Platte.

Als Unterlagen fanden Gebißebenenmodelle, genauigkeitshalber nach Gipsabdrücken hergestellt, Gnathostatmodelle und Front-Fernröntgenaufnahmen Verwendung. Die Gnathostatmodelle dienten dazu, Veränderungen der Gaumenbögen bei 4/4 und 6/6 vor allem in der Gegend der Alveolarfortsätze festzustellen. Im

Rahmen dieser Arbeit interessiert jedoch nicht, wie weit Veränderungen des Alveolarfortsatzes zu erreichen sind, sondern nur, wie sich die Auswirkung der Platte auf Alveolarfortsatz und Zähne verteilt.

Bei der Herstellung von Gaumenkurven stellte es sich heraus, daß das Gnathostatverfahren eine Reihe von Unstimmigkeiten hinsichtlich der vertikalen Beziehung der Gaumenkurven zur FHE ergibt. Da in dieser Arbeit jedoch nur die transversalen Veränderungen der Abstände der Alveolarfortsätze interessieren, so ist bei der Auswertung der höchste Punkt der Raphe bei 4/4 und 6/6 der beiden Modelle I und II als fix angenommen worden.

Die Front-Fernröntgenaufnahmen wurden nach der bereits beschriebenen Methode aufgenommen und ausgewertet. Sie sollen in dieser Arbeit in erster Linie die Möglichkeit einer genauen Feststellung einer Änderung der Längsachsenrichtung geben. Weiterhin dienten sie einer exakten Wiedergabe der Gaumenwölbung. Zu ihrer Darstellung wurden während der Aufnahme dünne Bleidrähte, die von 4/ zu /4 und von 6/ zu /6 den Gaumen entlang senkrecht zur Kauebene liefen, eingelegt und mittels einer Wachsplatte fixiert.

Die aus den Front-Fernröntgenaufnahmen gewonnenen Diagramme werden in der Arbeit nicht gebracht, sondern nur die sich daraus ergebenen Tabellen.

Beschreibung der behandelten Fälle.

1. Fall: Anneliese B., 16 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit engstehender Protrusion bei Distalbiß um eine halbe Prämolarenbreite links, um eine Prämolarenbreite rechts. Kreuzbiß links.

Art und Verlauf der Behandlung: Die Dehnungsplatte wurde am 28. 1. 1938 eingesetzt und zur Gewöhnung bis zum 16. 2. 1938 passiv im Munde belassen. In Rücksicht auf den bestehenden Kreuzbiß war die Platte mit einer Aufbißfläche für die unteren Frontzähne versehen, so daß eine Bißsperrung im Seitenzahngebiet vorhanden war. Am 16. 2. 1938 wurde die Front-Fernröntgenaufnahme gemacht und die Platte durch Umdrehen zum ersten Male aktiviert. Die weiteren Aktivierungen erfolgten dann regelmäßig in Abständen von einer Woche und betrugen immer nur eine Umdrehung. Die Dehnung wurde am 22. 7. 1938 nach 23 Umdrehungen der Platte abgeschlossen. Anschließend wurden sowohl Schlußabdrücke wie auch Schluß-Front-Fernröntgenaufnahme hergestellt.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse. S. I. = 35,0.

Tabelle 33.

Transversale Meßstrecken	Soll-Werte nach modifiz. Pont*)-Index	Modell I	Modell II	Veränderung
4/ : /4	38,0	25,0	35,5	10,5
6/ : /6	49,0	37,0	45,5	8,5
4/ : R	19,0	12,5	17,75	5,25
R : /4	19,0	12,5	17,75	5,25
6/ : R	24,5	18,0	22,25	4,25
R : /6	24,5	18,0	22,25	4,25

*) Die dem S. I. = 35,0 entsprechenden Soll-Werte von 4/ : /4 = 41,2 und 6/ : /6 = 54,0 wurden wegen des schmalen Gesichtes des Patienten auf obige Werte variiert (entsprechend änderte sich natürlich auch die Solllänge LO).

Die Tabelle zeigt, daß im Prämolarengebiet eine um 2,0 mm größere Dehnung zustande kam als bei 6/6

Da die Dehnung sich symmetrisch ausgewirkt hat, ist es in diesem Falle berechtigt, zur Darstellung der Bewegung des einzelnen Prämolaren die gemessenen Werte jeweils zu halbieren.

Die Ergebnisse der Untersuchung über die Veränderung der Längsachsenrichtung an Hand der Gebißebenenmodelle finden sich in nachfolgenden Tabellen:

Tabelle 34a.

Meßpunkte	Modell I			Modell II		
	4/ : /4	4/ : R	R : /4	4/ : /4	4/ : R	R : /4
1) nahe der Kaufläche	32,5	16,25	16,25	43,8	21,9	21,9
2) nahe am Zahnhals	35,9	17,95	17,95	43,7	21,85	21,85

Wie aus den Tabellen 34a und 34b (vgl. Diagramm 3 Seite 66 als Beispiel) ersichtlich, haben die mastikalen Meßpunkte bei 4/4 eine weit größere Bewegung als die entsprechenden gingivalen durchgeführt. Der Schnittpunkt der beiden Meßtangenten auf dem

Entsprechende Winkelveränderung zu Tabelle 34a.

Tabelle 34b.

Winkel	Modell I	Modell II	Veränder.
∢ RME ⟶ 4/	76,0°	93,5°	17,5°
∢ RME ⟶ /4	73,0°	93,0°	20,0°

zugehörigen Diagramm, dessen Auswertung zu Anfang des Abschnittes 2 („Über die körperliche Bewegung bei Einpunktsverankerung") bereits näher erklärt wurde, aus Modell I und II liegt in der apikalen Region, was auf eine vorwiegende Kippung und nur auf eine geringere körperliche Bewegung des Zahnes schließen ließe. Zu dieser Auswertung sei daher ausdrücklich bemerkt, daß die Tabelle nur die Veränderung der Längsachsenrichtung im ganzen wiedergibt. Deshalb kann aus der vorliegenden Tabelle allein noch kein direkter Schluß auf die tatsächliche Veränderung der Längsachsenrichtung gezogen werden, da die durch die Dehnungsplatte hervorgerufene Umformung des Alveolarfortsatzes noch nicht in Rechnung gesetzt ist. Auf die Zusammenhänge zwischen der körperlichen Bewegung bzw. der Kippung von Zahn und Alveolarfortsatz soll deshalb erst nach Auswertung der Tabelle 35 über die Veränderungen der transversalen Abstände der Alveolarfortsätze eingegangen werden.

b) Die Auswertung der Gaumenkurven

soll jeweils nur die durch die Platte erreichte Dehnung im alveolären Bereich anzeigen. Zur praktischen Auswertung sind daher bei allen Gaumenkurven als Meßpunkte der Marginalrand bei 4/4 und 6/6 (Meßstrecke a in Tabelle 35) und als weiterer Meßpunkt die Mitte der Entfernung Marginalrand — höchster Punkt der Raphe angenommen werden (Meßstrecke b in Tab. 35).

Tabelle 35.

Meßstrecke	4/ : /4		Veränderung	6/ : /6		Veränderung
	Modell I	Modell II		Modell I	Modell II	
a.	18,0	26,3	8,3	26,1	33,8	7,7
b.	10,2	14,8	4,6	17,9	22,5	4,6

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Erweiterung des Alveolarfortsatzes im marginalen Teil wesentlich größer ist als im Meßbereich b, der annähernd die apikale Wurzelgegend trifft. Weiterhin ist die Erweiterung in der Gegend der 4/4 stärker eingetreten als in der Gegend der 6/6 Diese Verschiedenheiten decken sich mit den Ergebnissen der Modellanalyse. Die marginal stärkere Erweiterung erklärt die große Veränderung der Längsachsenrichtungen bei 4/4 die in diesem Falle zum Teil nur eine scheinbare ist, da ja der Zahn mit seinem Zahnfach entsprechend eine Art Kippbewegung durchgeführt hat. Die tatsächliche Längsachsenveränderung bei 4/4 ist demnach nur noch die Differenz zwischen der Gesamtveränderung der Längsachsenrichtung und dem „Ausschwenken" des Alveolarfortsatzes.

Die Auswertung der aus den Gebißebenenmodellen und den Gnathostatmodellen gewonnenen, hier nicht wiedergegebenen Diagrammen hinsichtlich der körperlichen und kippenden Bewegung des Zahnes und des Alveolarfortsatzes ergibt, daß der Zahn insgesamt eine Änderung seiner Längsachsenrichtung vom 4/= 17,5° und /4 von 20,0° erfahren hat.

Die schon erwähnte verschieden große Erweiterung der Alveolarfortsätze im marginalen und mehr apikalen Bereich läßt sich als Kippung derselben darstellen und ist nach dem zugehörigen Diagramm im Mittel etwa 7,5° jederseits bei den 4/4. Dabei darf die eingetretene Verbreiterung des Gaumens in der Gegend der mittleren bis apikalen Wurzelregion als allgemeine Verbreiterung und somit als „körperliche" Bewegung des Alveolarfortsatzes aufgefaßt werden. Diese beträgt auf Grund des Diagrammes bei einer Gesamtdehnung — gemessen an den Pont'schen Meßpunkten — für 4/:/4 von 10,5 mm schätzungsweise 2,0 bis 2,5 mm jederseits.

Die reine Kippung des Zahnes im Alveolarfortsatz beträgt nach obigen Darstellungen für 4/ = 17,5° — 8,5° = 8,0° und für 4/ = 20,0° — 6,5° = 13,5°. Eine rein körperliche Bewegung des Zahnes im Alveolarfortsatz ist nur bei /4 in Größe von 0,9 mm festzustellen.

Da im vorliegenden Falle eine ausgesprochene Unterentwicklung der apikalen Basis sowie eine starke, koronal betonte Kompression vorhanden war, so ist den gefundenen Werten über

Kippung und körperliche Bewegung keine allgemeine Gültigkeit zuzuschreiben.

Die in Gegend der 4/4 eingetretene größere Erweiterung gegenüber der bei 6/6 dürfte ihre Ursache darin haben, daß durch die in der Gegend der 4/4 eingelassene Dehnungsschraube sich die Kräfte hier stabiler halten als bei den 6/6 wo durch die langen Flügel und die Eigenelastizität des Kautschuks eine gewisse Nachgiebigkeit besteht. Eine weitere Ursache liegt in der Form der Platte begründet, die in der Prämolarengegend der Schleimhaut mit einer größeren Auflagefläche anliegt als in der Gegend der 6/6.

c) Auswertung der Messungen im Munde des Patienten.

Die Messungen im Munde, insbesondere die zu Anfang und am Ende der Bewegung, zeigen kleine Differenzen zu den Werten der Modellanalyse (Tabelle 33). Da erstere selbstverständlich genauer sind, wurden bei der Beurteilung der Bewegung immer diese Zahlen verwandt.

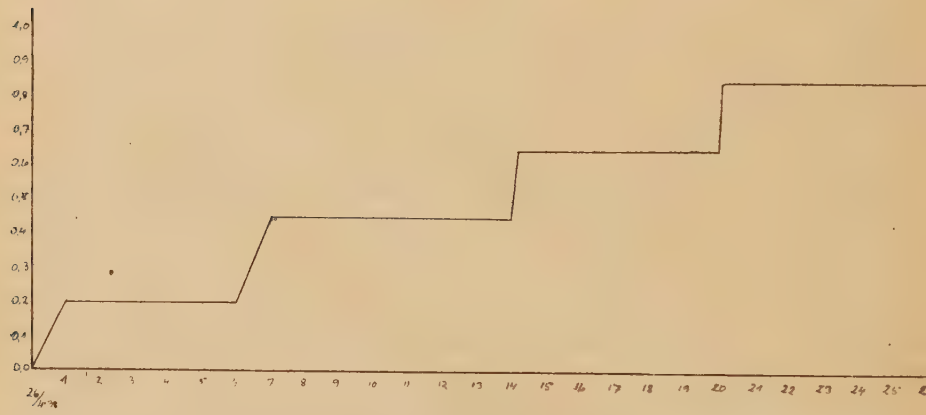
Tabelle 36.

Transversale Meßstrecken	26. 4.	27. 4.	28. 4.	30. 4.	2. 5.	3. 5.	4. 5.	6. 5.	9. 5.
4/ : /4	30,1	30,5	30,5	30,5	30,5	31.0	31.0	31,0	31,0
4/ : R	15,05	15.25	15,25	15,25	15,25	15,5	15,5	15,5	15,5
R : /4	15,05	15,25	15,25	15,25	15,25	15,5	15,5	15,5	15,5
	10. 5. 10^h	10. 5. 15^h	11. 5.	12. 5.	13. 5.	14. 5.	16. 5. $9{,}30^h$	16. 5. 12^h	17. 5.
4/ : /4	31,0	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,8	31,8
4/ : R	15.5	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15 7	15,9	15,9
R : /4	15,5	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,9	15,9
			21. 5.	23. 5.					
4/ : /4			31,8	31,8					
4/ : R			15,9	15 9					
R : /4			15,9	15,9					

Um einen genauen Einblick in die Wirkungsweise der Dehnungsplatte zu gewinnen, erfolgten die Messungen möglichst jeden Tag. Mehrmals wurde auch innerhalb weniger Stunden an demselben Tag gemessen. — Zur Veranschaulichung der Wirkungsweise dürfte die Wiedergabe eines Ausschnittes der Gesamtbehandlung genügen, bei dem die Messungen besonders regelmäßig vorliegen.

Die graphische Darstellung der Tabelle 36 ergibt die Kurve 3.

Kurve 3.



Bewegung der ersten oberen Prämolaren unter dem Einfluß der Dehnungsplatte bei einer Aktivierung von etwa 0,2 mm jederseits je Umdrehung.

Aus der Tabelle wie aus der Kurve läßt sich deutlich erkennen, daß die Auswirkung der Dehnungsplatte sprungweise erfolgt. Es zeigt sich, daß die volle Auswirkung von 0,4 mm bereits nach einigen Stunden eingetreten sein kann. Es ist also anzunehmen, daß eine aktivierte Platte zunächst sich über die Schleimhaut auf den Alveolarknochen auswirkt. Infolge ihrer Resilenz wird diese komprimiert und die Kraft der Platte kann dann entsprechend der Nachgiebigkeit der Schleimhaut auf die Zähne einwirken. Daraus darf man schließen, daß sich die Erweiterung auf die Alveolarfortsätze durch die Dehnungsplatte aus einer direkten und aus einer indirekten auf dem Wege über die Zähne zusammensetzt.

d) Auswertung der Front-Fernröntgenaufnahmen.

Die Auswertung der Aufnahmen geschah in der auf Seite 64 beschriebenen Weise. Die hieraus gewonnenen Diagramme zeigen ein ähnliches Bild wie Diagramm 4 (Seite 69).

Um Mißverständnissen vorzubeugen, soll hier nochmals darauf hingewiesen werden, daß die auf dem Diagramm 4 eingezeichneten Linien, die die Veränderung der Längsachsenrichtungen veranschaulichen, sowie die von diesen und der Infraorbital-Linie (IOL) gebildeten Winkel nicht die tatsächlichen Längsachsenrichtungen des Zahnes bzw. seine Neigung zur Frankfurter-Horizontalebene darstellen, sondern willkürlich gewählt sind. Die eingezeichneten Linien stehen zur Längsachsenrichtung des Zahnes in einem beliebigen Winkel und geben durch ihre Veränderung die entsprechend gleich große Veränderung der Längsachsenrichtung an.

Tabelle 37a.

Winkel zur IOL	Aufnahme I	Aufnahme II	Veränderung
$\underline{4}/$	86,5°	103,5°	17,0°
$/\underline{4}$	80,0°	100,0°	20,0°

Tabelle 37b.

Meßstrecke	$\underline{4}/:/\underline{4}$		Veränderung	$\underline{6}/:/\underline{6}$		Veränderung
	Aufn. I	Aufn. II		Aufn. I	Aufn II	
a	18,9	27,2	8,3	26,0	34,5	8,5
b	10,8	16,9	6,1	18,0	22,7	4,7

Bei der Auswertung des Fernröntgendiagrammes hinsichtlich der Veränderung der Gaumenbögen wurden analog der Methode bei den Gnathostatmodellen entsprechende Meßpunkte gewählt. Die Ergebnisse dieser Tabelle decken sich beinahe vollkommen mit denen der Tabelle 35. Die geringen Differenzen in den Werten zeigen sich im allgemeinen als eine Vergrößerung der Zahlen. Dies dürfte auf die bei der Aufnahme zwangsmäßig eintretende allgemeine geringe Vergrößerung zurückzuführen sein. Die er-

rechneten Veränderungen sind bis auf geringe Unterschiede die gleichen geblieben.

Die Auswertung der Front-Fernröntgenaufnahmen bestätigt und erhärtet die bereits aus den Gebißebenenmodellen gefundenen Ergebnisse.

Ein Gesamtüberblick über den Fall Anneliese B. hinsichtlich der Dehnung mit der Dehnungsplatte läßt die Schlußfolgerungen zu:

1. Die Dehnungsplatte wirkt auf den Alveolarfortsatz und auf die Zähne durch die Resilenz der Schleimhaut direkt.

2. Der Alveolarfortsatz wird in dem behandelten Falle zusammen mit dem Zahn schätzungsweise 2,0—2,5 mm jederseits bei 4/4 bei einer Gesamtdehnung von 10,5 mm körperlich bewegt.

3. In dem beschriebenen Falle ist eine „Ausschwenkung" des Alveolarfortsatzes von im Mittel etwa 7,5° bei 4/4 festzu stellen.

4. Die große Dehnung mit der Dehnungsplatte hat im vorliegenden Falle eine Kippung des Zahnes im Alveolarfortsatz von im Mittel etwa 11,0° jederseits bei 4/4 hervorgerufen.

5. Eine körperliche Bewegung des Zahnes im Alveolarfortsatz konnte in diesem Falle nur für 4/ von 0,9 mm festgestellt werden.

6. Die Dehnungsplatte wirkt mit ausgeprägt intermittierenden Kräften.

7. Die Kräfte der Platte wirken sich schon nach einigen Stunden voll aus.

2. Fall: Herbert J., 13 Jahre.

Diagnose: Kieferkompression mit engstehender Protrusion bei Distalbiß um rechts eine halbe Prämolarenbreite, links um eine drittel Prämolarenbreite nach Rekonstruktion.

Art und Verlauf der Behandlung: Die Dehnungsplatte nach Nord (Bonner Modifikation) wurde einige Zeit zur Gewöhnung passiv im Munde belassen und am 3. 3. 1938 durch eine Umdrehung zum ersten Male aktiviert. Die weiteren Aktivierungen erfolgten im Abstand von je einer Woche. Im ganzen wurden in der Zeit vom 3. 3. bis 21. 7. 1938 17 Umdrehungen der Platte gemacht. Eine geringe zeitliche Verzögerung trat durch Reparatur der Platte und durch Krankheit des Patienten ein. Die erreichte Dehnung ist nach den genauen Messungen im Munde des Patienten bei 4/4 = 7,1 mm, bei 6/6 = 6,3 mm.

Auswertung der diagnostischen Unterlagen.

a) Modellanalyse. S. I. = 35,0.

Tabelle 38.

Transversale Meßstrecken	Soll-Werte nach Modifiz Pont-Index.	Modell I	Modell II	Veränderung
4/ : /4	40,5	33,5	40,4	7,0
6/ : /6	53,0	45,0	51,0	6,0
4/ : R	20,25	16,75	20,25	3,5
R : /4	20,25	16,75	20,25	3,5
6/ : R	26,5	22,0	25,0	3,0
R : /6	26,5	23,0	26,0	3,0

Die Modellanalyse zeigt eine symmetrische Expansionsbewegung, so daß für die Herstellung von Kurven und Tabellen über die Bewegung des einzelnen Prämolaren sich für 4/ und /4 gleiche Werte ergeben.

Auch bei diesem Fall wie bei dem vorhergehenden ist ein Unterschied in der Auswirkung bei 4/4 und 6/6 eingetreten. Die Ursachen hierfür dürften dieselben sein wie bei Fall Anneliese B. beschrieben.

Die Veränderung der Längsachsenrichtungen bei den 4/4, wie sie sich aus den Gebißebenenmodellen und aus dem entsprechenden Diagramm ergeben, sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 39a.

Meßpunkte	Modell I			Modell II		
	4/ : /4	4/ : R	R : /4	4/ : /4	4/ : R	R : /4
1) nahe der Kaufläche	41,9	20,95	20,95	49,2	24,6	24,6
2) nahe am Zahnhals	44,7	22,35	22,35	49,9	24,95	24,95

Die Werte der Tabellen zeigen, daß die marginalen Meßpunkte bei 4/4 eine größere Bewegung als die entsprechenden gingivalen durchgeführt haben. Der wenig über dem angenommenen Drehpunkt liegende Schnittpunkt der beiden Meßtangenten

Entsprechende Winkelveränderungen zu Tabelle 29a.

Tabelle 39b.

Winkel	Modell I	Modell II	Veränder.
∢ RME ⟶ 4/	76,0°	86,0°	10,0°
∢ RME ⟶ /4	72,0°	83,0°	11,0°

auf dem zugehörigen Diagramm (vgl. Diagramm 3 Seite 66) läßt eine vorwiegende Kippung und geringe körperliche Bewegung vermuten. Doch ist auch hier analog dem vorhergehenden Fall die große Veränderung der Längsachsenrichtung nur eine scheinbare, da die Umformung des Alveolarfortsatzes nicht in Betracht gezogen ist. Eine eingehendere Beschreibung dieser Veränderungen findet sich nach der folgenden Auswertung der Gaumenkurven.

b) Die Auswertung der Gaumenkurven erfolgt in der bei Fall Anneliese B. angegebenen Weise.

Tabelle 40.

Meßstrecken	4/ : /4		Veränderung	6/ : /6		Veränderung
	Modell I	Modell II		Modell I	Modell II	
a	25,0	31,1	6,1	31,0	36,8	5,8
b	10,8	15,1	4,3	20,3	23,5	3,2

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, ist die Verbreiterung des transversalen Abstandes der Alveolarfortsätze bei 4/4 um ein geringes größer als bei 6 6. Außerdem zeigt sich im marginalen Teil (Meßstrecke a des entsprechenden Diagramms und der Tabelle) eine etwas stärkere Erweiterung der Alveolarfortsätze als in der apikaleren Gegend (Meßstrecke b des entsprechenden Diagramms und der Tabelle). Dieser Unterschied weist darauf hin, daß die Alveolarfortsätze gewissermaßen eine Art „Schwenkung" ausgeführt haben. Damit ist entsprechend dem vorhergehenden Fall die große Veränderung der Längsachsenrichtung der 4/4 erklärt. Die reine Kippbewegung des Zahnes besteht demnach in der Differenz der gemessenen Gesamtveränderung der Längsachsen-

richtung zum „Ausschwenken" des Alveolarfortsatzes.

Die Schwenkung des Alveolarfortsatzes, die im Sinne der funktionellen Beanspruchung als eine Kippung anzusehen ist, beträgt im Mittel 3,0° jederseits bei den 4/4. Als reine körperliche Bewegung läßt sich aus dem zugehörigen Diagramm auf eine Größe von etwa 2,0 mm schätzen. Die reine Kippbewegung des Zahnes im Alveolarfortsatz ist abzüglich der Schwenkung des Alveolarfortsatzes 7,5° jederseits bei 4/4.

c) Auswertung der Messungen im Munde des Patienten.

Auch in diesem Falle sind die im Munde gemessenen Werte wegen ihrer größeren Genauigkeit zur Beurteilung der Bewegung verwandt.

Unregelmäßiges Kommen des Patienten macht die Wiedergabe einer größeren Tabelle und Kurve unmöglich, daher ist nur ein Teil der Gesamtbewegung dargestellt.

Tabelle 41.

Transversale Meßstrecken	5. 5.	6. 5.	7. 5.	9. 5.	10. 5.	11. 5.	12. 5.	16. 5.	17. 5.	23. 5.
4/ : /4	36,7	37,2	37,2	37,2	37,6	37,6	37,6	37,6	38,0	38,0
4/ : R	18,35	18,6	18,6	18,6	18,8	18,8	18,8	18,8	19,0	19,0
R : /4	18,35	18,6	18,6	18,6	18,8	18,8	18,8	18,8	19,0	19,0

Die Tabelle 41 wie auch die sich daraus ergebende Kurve veranschaulichen in deutlicher Weise, daß die Kräfte der Platte sich sprungweise innerhalb kurzer Zeit ausgewirkt haben. Daran schließt sich dann eine Zeit des Stillstandes der Bewegung bis zur nächsten Aktivierung an, ein klassisches Beispiel einer intermittierenden Kraft.

d) Auswertung der Front-Fernröntgenaufnahmen.

Die Ergebnisse wurden auch hier nach der bereits beschriebenen Methodik gefunden.

Tabelle 42a.

Winkel zur IOL	Aufnahme I	Aufnahme II	Veränderung.
a	84,0°	94,0°	10,0°
b	91,0°	103,5°	12,5°

Die bei den Front-Fernröntgenaufnahmen festgestellten scheinbaren Längsachsenveränderungen zeigen fast dieselben Werte wie die aus den Gebißebenenmodellen, was diese bestätigt.

Die Auswertung der Röntgenaufnahmen hinsichtlich Veränderungen der Gaumenbögen ergibt folgende Werte:

Tabelle 42b.

Meßstrecken	4/ : /4		Veränderung.	6/ : /6		Veränderung.
	Aufnahme I	Aufnahme II		Aufnahme I	Aufnahme II	
a	28,1	34,5	6,4	34,0	39,9	5,9
b	13,6	18,3	4,7	21,5	25,2	3,7

Die Tabelle zeigt auch für diesen Fall, abgesehen von einer durchschnittlichen etwa verhältnisgleichen Vergrößerung der Meßstrecken a und b für die Veränderung des Alveolarfortsatzes, in seinem marginalen und mehr apikalen Teil fast genau übereinstimmende Werte mit den Gaumenkurven.

Einen Gesamtüberblick über den Fall Herbert J. gestatten die nachstehenden Schlußfolgerungen:

1. Die Dehnungsplatte wirkt auf den Alveolarfortsatz und infolge der Nachgiebigkeit der Schleimhaut auf die Zähne direkt.

2. Im vorliegenden Falle wird der Alveolarfortsatz mit den Zähnen körperlich um etwa 2,0 mm jederseits bei 4/4 bei einer Gesamtdehnung von 7,0 mm bewegt.

3. Die „Ausschwenkung" des Alveolarfortsatzes beträgt im Mittel 3,0° jederseits bei 4/4.

4. Die Kippung des Zahnes im Alveolarfortsatz selbst ist in dem beschriebenen Falle im Mittel 7,5° jederseits bei 4/4.

5. Als rein körperliche Bewegung des Zahnes im Alveolarfortsatz konnte in diesem Falle für 4/ etwa 0,5 mm, für /4 etwa 1,1 mm gefunden werden.

6. Die Dehnungsplatte wirkt mit ausgeprägt intermittierenden Kräften.

7. Die Kräfte der Platte wirken sich schon nach einem Tag aus.

Die Übereinstimmung der Ergebnisse aus den Gnathostatmodellen und Fernröntgenaufnahmen in den beiden beschriebenen Fällen bietet eine Gewähr dafür, daß die erfolgten Umformungen tatsächlich in ihrer wahren Größe und Form — soweit dies überhaupt möglich ist — dargestellt werden konnten.

Gesamtschlußfolgerungen.

Die Wirkungsweise der Dehnungsplatte nach Nord (Bonner Modifikation), wie sie sich in den behandelten beiden Fällen darstellt, läßt sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Die direkte Einwirkung der Dehnungsplatte auf den Alveolarfortsatz und auf die Zähne verursacht eine Verbreiterung des Gaumen- und des Zahnbogens.

2. Die Gesamtverbreiterung läßt sich sowohl für den Alveolarfortsatz wie auch für die Zähne in eine körperliche und eine kippende Bewegung aufteilen.

3. Bei den beiden beschriebenen Fällen ergibt sich für die Gesamtverbreiterung des Alveolarfortsatzes und des Zahnbogens als körperliche Bewegung bei $\frac{4}{4}$ im Mittel etwa 27%.

4. Die „Ausschwenkung" der Alveolarfortsätze, die sich als Kippung auffassen läßt, ist in den vorliegenden beiden Fällen im Mittel etwa 5° jederseits bei einer mittleren Dehnung von etwa 8,5 mm jederseits.

5. Eine körperliche Bewegung des Zahnes im Alveolarfortsatz konnte in den untersuchten Fällen in einer mittleren Größe von etwa 0,6 mm bei $\frac{4}{4}$ festgestellt werden.

6. Die Kippung der $\overline{4|4}$ im Alveolarfortsatz selbst ist ausgeprägt und beträgt im Mittel 14,5°.

7. Aus der Untersuchung der beiden behandelten Fälle kann geschlossen werden, daß die Kippung des Alveolarfortsatzes sowie der Zähne abhängig ist von dem Entwicklungszustand der apikalen Basis. Das heißt, bei unterentwickelter apikaler Basis tritt die Kippung besonders deutlich in Erscheinung.

8. Eine große Kippung deutet darauf hin, daß die Aktivierung der Platte für den betreffenden Fall zu häufig geschah, so daß der unterentwickelten apikalen Basis nicht genügend Zeit zur Nachentwicklung gegeben war.

9. Dehnungsplatten wirken mit ausgesprochen intermittierenden Kräften. Die zwischen den Aktivierungen liegenden Ruhepausen sind für die Umformung des Alveolarfortsatzes und für die Nachentwicklung der apikalen Basis von größter Bedeutung.

10. Die Auswirkung des durch die Platte gegebenen Impulses kann durch Messungen an den Zähnen schon nach einigen Stunden festgestellt werden.

4. Über die körperliche Bewegung bei starrer Verankerung.

Im Rahmen dieser Arbeit war vorgesehen, auch die körperliche Bewegung bei starrer Verankerung einer praktischen Prüfung und Untersuchung zu unterziehen. Leider standen mir aber keine Patienten mit geeigneten Krankheitsbildern zur Verfügung. Aus diesem Grunde mußte auf die Behandlung dieses Abschnittes verzichtet werden.

5. Vergleich der verschiedenen Dehnungsmethoden untereinander.

Es lag nahe, in einem weiteren Abschnitt einen zusammenfassenden Vergleich der Dehnungsmethoden untereinander anzustellen. Der Vergleich gewinnt vor allem deshalb eine besondere Bedeutung, weil er sich nicht auf theoretische Überlegungen und Phantomversuche stützt, sondern auf praktische Versuche. Denn es darf wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß nur die regelmäßig kontrollierte Bewegung des Zahnes ein wirklichkeitsnahes Bild von der tatsächlichen Wirkungsweise einer Apparatur gibt.

An Apparaten sind

a) der Lingualbogen mit Hilfsfederchen aus Edelmetall und aus Wipla-Material,

b) der Außenbogen aus Wipla-Material mit Ligaturen und

c) die Dehnungsplatte

gegenübergestellt worden.

In diesem Vergleichsabschnitt sollen nicht so sehr die Apparaturen selbst, sondern die Eigenart ihrer Auswirkung in den Vordergrund gestellt werden. Es muß jedoch betont werden, daß die gewonnenen Einzelbefunde nicht verallgemeinert werden dürfen, da die Zahl der untersuchten Fälle zu klein und ihr Verhalten zu verschiedenartig war, um allgemeingültige Schlüsse zuzulassen.

Die Art der Bewegung des Zahnes kann als eine körperliche, eine kippende und als eine aus diesen beiden zusammengesetzte Bewegung aufgefaßt werden.

Der Lingualbogen bewirkt, die übliche Aktivierung vorausgesetzt, durchaus eine körperliche Bewegung. Die am Ende der Bewegung sich zeigende geringe Kippung dürfte sich ohne weiteres nach einiger Zeit — spätestens während der Retention — ausgleichen.

Der Außenbogen mit Ligaturen wirkt hinsichtlich der Art der Bewegung ähnlich wie der Lingualbogen.

Die Auswirkung der Dehnungsplatte auf die Zähne ist insofern besonderer Natur, als sie vorwiegend eine Umformung des Alveolarfortsatzes erzielt. Die durch die Nachgiebigkeit der Schleimhaut auftretenden Kräfte verursachten in den beiden behandelten Fällen vorwiegend eine Kippung des Zahnes im Alveolarfortsatz selbst neben einer geringen körperlichen Bewegung, doch kann auch hier mit Recht angenommen werden, daß nach längerer Ruhezeit unter den Einflüssen der Funktion die gleiche Aufrichtung eintreten wird, wie bei dem mit dem Lingualbogen oder Außenbogen bewegten Zahn.

Umformungen des Alveolarfortsatzes können auf dem Weg der direkten und der indirekten Beeinflussung erzielt werden.

Der Lingualbogen und der Außenbogen wirken in indirekter Form auf den Alveolarfortsatz in der Weise, daß durch das Zusammenspiel der Kräfte von Apparatur und Funktion der Umbau angeregt wird. Durch den eintretenden An- und Abbau wird der Alveolarfortsatz umgeformt und dadurch also herausbewegt und nicht nur „herausgeschwenkt".

Bei der Dehnungsplatte, die den Alveolarfortsatz direkt angreift, zeigt sich im Gegensatz dazu eine deutliche „Ausschwenkung" des Alveolarfortsatzes. Die Untersuchung der behandelten

beiden Fällen ergab, daß sich diese „Ausschwenkung" in eine körperliche Bewegung und eine wenig größere kippende Bewegung des Alveolarfortsatzes aufteilen läßt. Doch erfahren diese Resultate eine Einschränkung, da in dem Fall eine besonders unterentwickelte apikale Basis vorlag, die Aktivierungen verhältnismäßig kurz aufeinander folgten und die Untersuchung direkt nach Abschluß der Behandlung durchgeführt wurde. Es ist anzunehmen, daß die Nachentwicklung der apikalen Basis nicht im gleichen Tempo folgen konnte, und erst nach Verlauf einer längeren Zeit zu erwarten ist. Denn daß tatsächlich eine weitgehende Nachentwicklung der apikalen Basis durch die Dehnungsplatte zu erreichen ist, zeigen die Erfahrungen der Bonner Schule, so z. B. behandelte Fälle einer Arbeit von Hausser.

Die funktionelle Mitwirkung ist für die Auswirkung der Apparaturen mit Einpunktsverankerung von ausschlaggebender Bedeutung. Denn die Untersuchungen haben ergeben, daß eine gute Höcker-Fissurenverzahnung die körperliche Bewegung weit mehr begünstigt als z. B. eine Höcker-Höckerverzahnung.

Auch bei der Auswirkung der Dehnungsplatte spielt die Art der Verzahnung eine große Rolle. Obwohl sich der Druck in erster Linie auf die Alveolarfortsätze überträgt, werden die Zähne doch zu einem gewissen Grade kippend beeinflußt, und für ihre Aufrichtung ist die funktionelle Mithilfe durch die Verzahnung wichtig.

Die Art der angewandten Kräfte ist bei den behandelten Fällen kontinuierlich bzw. intermittierend.

Der Lingualbogen sowie der Außenbogen beeinflussen die Zähne, wie aus den Bewegungskurven hervorgeht, mit kontinuierlichen Kräften, wobei diese Kontinuität sich nicht auf die Größe der Kräfte, sondern nur auf die zeitliche Dauer beziehen soll. Bei dem Lingualbogen aus Edelmetall äußert sich diese kontinuierliche Kraftauswirkung als ein vom Beginn bis zum Ende der Zahnbewegung gleichmäßig fortschreitender Kräfteabfall. Bei dem Lingualbogen aus Wipla-Material, das einen höheren Elastizitätsmodul als Edelmetall besitzt, zeigt sich der Kräfteabfall in der Zeit kurz nach der Aktivierung verhältnismäßig groß, später gleichmäßiger.

Die Kräfte des Außenbogens aus Wipla-Material sind analog der Zahnbewegung kontinuierlich und gleichmäßig abfallend.

Die durch Dehnungsplatten ausgelösten Kräfte sind ausgesprochen intermittierender Art. Dementsprechend geht, wie aus den behandelten Fällen zu ersehen, die Bewegung der Zähne so vor sich, daß die durch die Aktivierung belastete Schleimhaut nachgibt und ein Teil der Aktivierung die Zähne direkt trifft. Während die Zähne diesem Druck sofort nachgeben und ihnen damit bis zur nächsten Aktivierung eine längere Ruhepause gegeben ist, bedarf der Alveolarfortsatz zu seinem Umbau eine längere Zeit.

Das Tempo der erzielten Bewegungen ist weitgehend abhängig von den angewandten Kräften.

Bei der üblichen Aktivierung des Lingualbogens verläuft die Zahnbewegung gleichmäßig und in einem Tempo, das biologisch günstig ist, d.h. dem Tempo der Umbauvorgänge des Periodontiums und des Alveolarknochens entspricht. Das Wipla-Material ruft gegenüber dem Edelmetall entsprechend seiner größeren elastischen Kraft kurz nach der Aktivierung für einige Tage eine etwas schnellere Zahnbewegung hervor als letzteres.

Der mit Außenbogen behandelte Fall zeigt ein sehr langsames Tempo hinsichtlich der Zahnbewegung.

Das Tempo der Umbauvorgänge, wie sie die Dehnungsplatte bewirkt, läßt sich nur an den erfolgten Zahnbewegungen direkt ermitteln. Da jedoch vorwiegend eine Beeinflussung des Alveolarfortsatzes angestrebt wird, so ist naturgemäß infolge der größeren Umbauvorgänge das Tempo langsamer als bei der Dehnung mit dem Lingualbogen, und die Aktivierung sollte daher nur alle 14 Tage erfolgen.

Der Vergleich der verschiedenen Dehnungsmethoden und der Dehnungsapparate bringt naturgemäß die Frage mit sich, welcher Apparatur die meisten Vorzüge zugeschrieben werden können. Die Beantwortung dieser Frage hängt weitgehend von den gegebenen Umständen und von dem zu erreichenden Ziele ab. Das heißt, der Indikationsbereich ist in erster Linie bestimmend für die Wahl einer Apparatur.

III. Praktische Schlußfolgerungen.

Die durchgeführten Untersuchungen ergeben eine Reihe von Schlußfolgerungen, von denen diejenigen, die für den Praktiker von Interesse sind, hier angeführt werden sollen.

Bei der Wahl einer Apparatur bei einer orthodontischen Behandlung ist es für den Erfolg von maßgebender Bedeutung, daß der Praktiker darüber im klaren ist, welche Apparaturen am zweckmäßigsten die verschiedenen Zahnbewegungen ermöglichen, d. h. er muß mit der Indikationsstellung der Apparaturen vertraut sein.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse sollen daher in erster Linie dazu dienen, einen näheren Einblick und damit ein besseres Verständnis für die Wirkungsweise der bei den Behandlungen der Fälle verwandten Apparate zu vermitteln.

Zur Retrusion mit gleichzeitiger Verlängerung einer protrudierten und verkürzten Oberkieferfront hat sich die Schlinge von der Platte gut bewährt. Bei dieser Kippbewegung ist der Drehpunkt im apikalen Drittel der anatomischen Wurzel anzunehmen.

Eine Aufrichtung von in eine Lücke gekippten Zähnen läßt sich mittels Zwischenfederchen von einem Lingualbogen gut durchführen. Der Drehpunkt liegt auch bei dieser Bewegung in dem apikalen Drittel der anatomischen Wurzel.

Der Lingualbogen ist gut geeignet zur Dehnung. Seine Vorteile liegen in der Möglichkeit einer exakten Aktivierung und Kräftedosierung, wodurch die Gewähr für eine gleichmäßige, in biologisch günstigem Tempo verlaufende Zahnbewegung gegeben ist. Eine Überschreitung der üblichen Aktivierung von 1,0 mm jederseits bringt die Gefahr einer unerwünschten Kippung mit sich. Normalerweise sind Kippungen nicht oder nur in so geringem Ausmaße zu erwarten, daß die Zähne spätestens während der Retentionszeit von selbst eine funktionell günstige Achsenstellung einnehmen. In Zusammenhang mit den Kippungen soll auf die Bedeutung der Verzahnung hingewiesen werden. Auf Grund der behandelten Fälle läßt sich allgemein feststellen, daß bei günstiger Höcker-Fissurenverzahnung die Aufrichtungstendenz des Zahnes größer ist als bei Höcker-Höckerbiß. Für den letzteren Fall muß daher bei der Aktivierung besondere Vorsicht angewandt werden.

Die Verwendung von Edelmetall und Wipla-Material bei den mit dem Lingualbogen behandelten Fällen hat gezeigt, daß grundsätzliche Unterschiede nicht bestehen. Das Edelmetall hat lediglich auf Grund seines kleineren Elastizitätsmoduls vom Anfang bis zum Ende der Auswirkung gleichmäßig abfallende, kontinuierliche Kräfte. Wipla-Material wirkt sich in den ersten Tagen nach einer gleichen Aktivierung etwas stärker aus, so daß für dieses Material besonders genau und sorgfältig aktiviert werden muß.

Ein besonderer Vorzug des Lingualbogens liegt in seiner selektiven Wirkung begründet, da er einzelne palatinal gekippte Zähne zunächst aufrichtet und in eine funktionell günstige Achsenrichtung bringt. Denn erst dann ist die Möglichkeit einer körperlichen Bewegung des Zahnes gegeben.

Der Außenbogen mit Ligaturen ist zur Durchführung von Dehnungen weniger geeignet. Seine selektive Wirkung ist gering und seine Handhabung umständlich. Seine langsame Auswirkung kann durch stärkere Aktivierung ausgeglichen werden, doch dürften hierbei über das biologische Maß hinausgehende Kräfte entstehen.

Da zur Untersuchung über die Wirkungsweise der Dehnungsplatte nur zwei Fälle behandelt wurden und diese bereits kurz nach Abschluß der Behandlung ausgewertet wurden, so dürfen die Ergebnisse nicht verallgemeinert werden. Für die Praxis geben diese Untersuchungen jedoch einige Hinweise. Die in einem Fall vorliegende starke Unterentwicklung der apikalen Basis ließ sich nicht in dem bei der Dehnung angewandten Tempo nachentwickeln. Daraus ergibt sich, daß der Alveolarfortsatz nicht in der Lage war, innerhalb des üblichen Zeitraumes von 8—10 Tagen zwischen den einzelnen Aktivierungen der Platte der gegebenen Spannung zu folgen. Es empfiehlt sich daher, bei Fällen mit unterentwickelter apikaler Basis die Zeitspanne zwischen den einzelnen Aktivierungen etwas größer zu bemessen. Besonders gut läßt sich mit der Dehnungsplatte durch die ausklinkbare Schlinge die Expansionsbewegung der Seitenzähne mit der Retrusionsbewegung der Frontzähne vereinigen.

Die durchgeführten Dehnungen mit der Platte haben gezeigt, daß sich im Gebiet der $\frac{4}{4}$ eine stärkere Auswirkung ergibt, als im Molarengebiet. Ein Ausgleich dieses Unterschiedes kann leicht

durch entsprechendes Ausfräsen des Plattenrandes herbeigeführt werden.

Diese kurzen Hinweise auf die Verwendungsmöglichkeiten der angeführten Apparaturen können in dem Sinne zusammengefaßt werden, daß jede Apparatur einen besonderen Indikationsbereich besitzt, innerhalb dessen sie die günstigste Wirkung hat.

C. Schluß.

Die praktischen Untersuchungen über die Natur einiger orthodontischen Zahnbewegungen haben verschiedene Fragen einer Klärung nähergebracht. Ferner sollte mit dieser Arbeit eine Anregung gegeben werden, die praktischen Untersuchungen auf ein größeres Gebiet auszudehnen. Insbesondere ist daran gedacht, auf Grund des vorhandenen Materials auch die mit den Zahnbewegungen einhergehenden Umformungen des weiteren Gesichtsskeletts näher zu untersuchen. Denn die weitere Behandlung der in der Arbeit angeführten Fälle sowie eine Erweiterung des vorhandenen diagnostischen Materials durch spätere Abdrücke und Fernröntgenaufnahmen darf recht aufschlußreiche Einblicke erwarten lassen. Es dürfte unzweifelhaft von größtem Interesse sein, die Beeinflußbarkeit des Alveolarfortsatzes, des Kieferknochens und seiner weiteren Umgebung mit exakten Methoden, wie sie nur die Fernröntgenaufnahmen erlauben, zu untersuchen. Bei dem engen Zusammenhang zwischen Kompressionsanomalien und erschwerter Nasenatmung wäre es z. B. auch eine besonders dankbare Aufgabe, die Auswirkung einer Kieferdehnung auf die Nasenhöhle klarzulegen. Es ist zu erwarten, daß in der nächsten Zeit auch diese wichtige Frage einer Lösung nähergebracht werden wird.

Am Schluß der Arbeit erlaube ich mir, Herrn Professor Dr. Korkhaus für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung bei der Bearbeitung meinen besten Dank auszusprechen.

Schrifttum.

1. Andresen, V. und Häupl, K.: Funktionskieferorthopädie. Die Grundlagen des „Norwegischen Systems". Hermann Meusser, Leipzig 1936.
2. Angle, H.: Die Okklusionsanomalien der Zähne. 2. dtsche. Aufl. Berlin 1913.
3. Bertram, C.: Über Mechanik der Drehung eines Zahnes bei Belastung (unveröff. Arbeit).
4. Case, S.: Dental Orthopedia. Chicago 1908.
5. Cieszynski, A.: Orthodontie und statischer Aufbau des Schädels. Fortschr. d. Orthodontik 1933, H. 1.
6. Dewey, M.: Practical Orthodontia. St. Louis 1921, IV. Edition.
7. Gottlieb, B. und Orban, R.: Die Veränderungen der Gewebe bei übermäßiger Beanspruchung der Zähne. Leipzig, Georg Thieme, 1931.
8. Hausser, E.: Aufmachen von Lücken mittels Lingualbogen und Fingerfederchen. Fortschr. d. O. 1937, H. 2.
9. — Die Dehnungsplatte. Indication, Anfertigung und Handhabung. D.Z.W. 1937, Nr. 49.
10. Häupl und Lang: Die marginale Paradentitis. Berlin 1927.
11. Herbst: Vereinfachte Behandlung der Prognathie. Dt. Monatsschr. f. Zahnheilkunde 1921, H. 6.
12. Huet, Emile: Plaidoyer en faveur de la disjunction de la Symphyse. L'Orthodontie Française, Vol. IV, 1925.
13. Ketcham, A. H.: A preliminary report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. Bericht von The First Internat. Orthodontic Congress, New York 1926.
14. — A progress report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. Internat. Journal of Orthodontia, etc. Bd. XV, No. 4, S. 310, 1929.
15. Korkhaus, G.: Moderne orthodontische Therapie. 2. Aufl. Berlin 1932.
16. — Die Auswertung des Fernröntgenbildes in der Kieferorthopädie. Fortschr. d. O. 1936, H. 3.
17. Kranz, P. P. und Falk: Alveolarpyorrhoe. Berlin 1922.
18. Lundström, A. F.: The responsibility of the operator for relapses after orthodontic treatment executed in full accord with the directions of leading authorities. Dent. Record 1928.
19. Mela, Benedetto: Über Sprengung der Gaumennaht. Fortschr. d. O. 1933, H. 2.
20. Nowack, C.: Die mechanischen Kräfte der Fingerfederchen. Fortschr. d. O., Bd. I, Nr. 1, S. 69, 1931.
21. Oppenheim, A.: Biologisch-orthodontische Therapie und Wirklichkeit. Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1936.

22. Paschke, Heinrich: Der Einfluß der orthodontischen Behandlung des deformierten Oberkiefers auf den Gesichtsschädel. Fortschr. d. O. 1937, H. 1 und 2.
23. Réhak, Rudolf: Die Veränderung der Gewebe im Röntgenbild nach orthodontischer Beanspruchung der Zähne. Zeitschr. f. Stomatologie 1935, H. 23.
24. Salamon, H.: Die Lehre von den elementaren orthodontischen Bewegungen. Deutsche Zahnheilkunde in Vorträgen. 1912.
25. — Wann sind orthodontische Bewegungen „biologisch" zu nennen? Zahnärztliche Rundschau 1929, Nr. 52.
26. — Die leitenden Ideen der modernen orthodontischen Therapie. Sammlung Meusser, Berlin 1930.
27. Sandstedt, C.: Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. Nord. Tandläkare Tidskr. 1904, H. 4 und 1905, H. 1 und 2.
28. Schröder-Benseler zit. nach Paschke, Fortschr. d. O. 1937, H. 1 und 2.
29. Schwarz, A. M.: Über die Bewegung belasteter Zähne. Zeitschr. f. Stomatologie 1938, H. 4.
31. — Ein weiterer Beitrag zur Frage der Bewegung belasteter Zähne. Zeitschr. f. Stom. 1929, Nr. 6.
32. — Die Gewebsveränderungen bei orthodontischen Maßnahmen. Fortschr. d. O. 1931, H. 3 und 4 und 1932, H. 1 und 2.
33. — Lehrgang der Gebißreglung. I, II, III, IV. Verlag Urban u. Schwarzenberg, Berlin-Wien 1936 und 1937.
34. — Gebißreglung mit Platten. Zahnärztl. Fortbildung, H. 5. Verlag Urban u. Schwarzenberg, Berlin-Wien 1938.
35. Sicher, H. und Tandler, J.: Anatomie für Zahnärzte. Wien-Berlin 1928.
36. Simon, P. W.: System einer biologisch-mechanischen Therapie der Gebißanomalien. Herm. Meusser, Berlin 1933.
37. G. Stein-Weinmann: Die physiologische Wanderung der Zähne. Zeitschr. f. Stomatologie, 1925.
38. Walkhoff, O.: Über die Natur der Gewebsveränderungen bei orthodontischen Maßnahmen. Fortschr. d. O., 1935/36.
39. Ziebe, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Verbreiterung der Sutura palatina mediana durch die Dehnschraube. Deutsche Zahnärztl. Wochenschrift, Bd. XXXIII, Nr. 9, S. 475, 1930.

Lebenslauf.

Am 10. Mai 1913 wurde ich, Preben Kristian Frederik Boesen, als Sohn des Fabrikdirektors Andreas Boesen zu Maribo (Dänemark) geboren. Von 1920 bis 1926 besuchte ich die Private Realschule zu Nakskov. Nach dem anschließenden Besuch des Kommunalen Gymnasiums zu Nakskov bestand ich dort im Sommer 1931 die Reifeprüfung. — Nach zweisemestrigem Studium der Chemie und Physik an der Universität zu Kopenhagen legte ich das medizinische Vorexamen ab und begann 1932 das Studium der Zahnheilkunde an der zahnärztlichen Hochschule zu Kopenhagen, wo ich im Sommer 1935 das Staatsexamen bestand. Nach zweijähriger praktischer Tätigkeit als Assistent bildete ich mich als Gast in der Kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik für Mund-, Zahn- und Kieferheilkunde Bonn weiter.